

DESARROLLO DE UNIDAD DE MOVIMIENTO PARA REHABILITACIÓN DE TOBILLO QUE
PERMITE ALCANCES DE MOVILIDAD ÓPTIMOS PARA EL DESARROLLO DE LAS
ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA Y LOGRA VENCER BARRERAS DE ACCESIBILIDAD AL
SERVICIO DE SALUD.

JULIANA ANDREA SÁNCHEZ CORREA

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
DISEÑO INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015

DESARROLLO DE UNIDAD DE MOVIMIENTO PARA REHABILITACIÓN DE TOBILLO QUE
PERMITE ALCANCES DE MOVILIDAD ÓPTIMOS PARA EL DESARROLLO DE LAS
ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA Y LOGRA VENCER BARRERAS DE ACCESIBILIDAD AL
SERVICIO DE SALUD.

JULIANA ANDREA SÁNCHEZ CORREA

Proyecto de grado para optar por el título de Diseñadora Industrial

DIRECTOR:
MSc. Cristian David Chamorro.

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
DISEÑO INDUSTRIAL
SANTIAGO DE CALI
2015



**UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE ARTES INTEGRADAS
DEPARTAMENTO DE DISEÑO
PROGRAMA ACADÉMICO DISEÑO INDUSTRIAL**

ACTA DE APROBACIÓN DE PROYECTO DE GRADO

La Estudiante JULIANA ANDREA SÁNCHEZ CORREA identificada con Cédula de ciudadanía número 1143825330 de Cali y código 201022044, presentó y aprobó su trabajo de grado titulado *"Desarrollo de unidad de movimiento para rehabilitación de tobillo que permite alcances de movilidad óptimos para el desarrollo de las actividades de la vida diaria y logra vencer barreras de accesibilidad al servicio de salud"*, el cual fue aprobado por el siguiente jurado evaluador:

Jurado Diseñador: Ángel Miguel Uribe Becerra
Jurado Asesor: María Nora Hurtado de Bastidas
Jurado Experto:

Para constancia de la anterior, se firma en la ciudad de Santiago de Cali, el 3 de septiembre de 2015, según del Comité del Programa.

CRISTIAN DAVID CHAMORRO RODRÍGUEZ
Director del Proyecto

PABLO ANDRÉS JARAMILLO ROMERO
Vo. Bo. Director del Programa Académico

ÁNGEL MIGUEL URIBE BECERRA
Vo. Bo. Jefe Departamento de Diseño

Sandra P. Franco G.

Edificio 382 – Oficina 4004 – Ciudad Universitaria de Meléndez
Telefax [57-2] 321 2375 – Apartado Aéreo 25360
Santiago de Cali – Colombia
programas.diseño@correounivalle.edu.co
<http://diseño.univalle.edu.co/>

A MI FAMILIA POR BRINDARME SU APOYO EN CADA DECISIÓN TOMADA

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de culminar esta etapa profesional.

A mis padres Jairo Sánchez y María Sofía Correa al igual que a mis hermanas, por ser el apoyo constante del desarrollo de esta etapa y depositar su confianza en mí como hija y hermana, a ellos mis más grandes agradecimientos porque son lo mejor que tengo en esta vida.

A mi director de proyecto por ser el guía constante durante el desarrollo de este.

A mi compañero de proyecto por su apoyo y amistad brindada.

CONTENIDO

	<i>Pág.</i>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo General	2
2.2 Objetivos Específicos	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
3.1 JUSTIFICACIÓN	6
4. MARCO CONCEPTUAL	8
4.1 VULNERABILIDAD	9
4.1.1 VULNERABILIDAD en <i>situación Geográfica.</i> (<i>Accesibilidad, movilidad, cobertura</i>)	9
4.2 DISCAPACIDAD	12
4.2.1 DISCAPACIDAD <i>Transitoria</i> (<i>Lesión, salud, bienestar</i>)	13
4.3 REHABILITACIÓN	14
5. CONTEXTO	16
5.1 DISTRIBUCIÓN ADMINISTRATIVO/ TERRITORIAL EN COLOMBIA.	16
5.1.1 Sistema de salud en Colombia	17
6. EL TOBILLO	19
6.1 CARACTERIZACIÓN DEL TOBILLO.	19
6.1.1 Movimiento en torno a ejes y planos.	20
6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MARCHA.	21
6.2.1 Movimiento del pie y tobillo durante la marcha.	21
6.2.2 Rangos de movimiento durante la marcha.	21
6.3 CARACTERIZACIÓN DE LA LESIÓN DE TOBILLO	22
6.4 REHABILITACIÓN PARA ARTICULACIÓN TOBILLO	23
7. METODOLOGÍA	26

7.1 CONCEPTUALIZAR (<i>Etapa 1</i>)	27
7.2 TRABAJO DE CAMPO (<i>Etapa2</i>)	28
7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS (<i>Etapa 3</i>)	37
8. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO.	46
9. PROPUESTA DE DISEÑO	50
10. CONCLUSIONES	77
11. BIBLIOGRAFÍA	78
12. ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Cuadro comparativo de biomecánica del tobillo.</i>	30
Tabla 2. <i>Relación de actividades diarias con la articulación Tobillo.</i>	32
Tabla 3. <i>Convenciones de Matriz de Ponderación.</i>	35
Tabla 4. <i>Ponderación de selección del estado de la técnica.</i>	36
Tabla 5. <i>Aspectos Técnicos y Formales evaluados en matriz de análisis de estado del arte.</i>	38
Tabla 6. <i>Aspectos cuantificables de entrevista paciente.</i>	41
Tabla 7. <i>Aspectos cuantificables de entrevista profesional de la salud.</i>	41
Tabla 8. <i>Resultado de Análisis Entrevista Semi-estructurada Especialista.</i>	42
Tabla 9. <i>Resultado de Análisis Entrevista Semi-estructurada Paciente.</i>	43
Tabla 10. <i>Grados de Movilidad.</i>	44
Tabla 11. <i>Relación de actividades diarias con la articulación Tobillo 2.</i>	45
Tabla 12. <i>Breve descripción de los requerimientos.</i>	46
Tabla 13. <i>ESTRADA Jairo “Parámetros antropométricos de la Población laboral colombiana 1995”.</i>	48
Tabla 14. <i>Aplicación de requerimientos a la propuesta de diseño.</i>	58
Tabla 15; <i>Grados de movilidad AVD</i>	63

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. <i>Accesibilidad como Característica del Urbanismo.</i>	10
Figura2. <i>División territorial de Colombia.</i>	16
Figura3. <i>El movimiento del pie alrededor de tres ejes.</i>	20
Figura4. <i>Movimiento pronación supinación.</i>	20
Figura 5, <i>Ciclo de la Marcha.</i>	21
Figura 6. <i>Caracterización de la Lesión de Tobillo.</i>	22
Figura 7. <i>Conceptualización de Etapa.</i>	26
Figura 8. <i>Cuadro de conceptualización.</i>	27
Figura 9. <i>Caracterizar la articulación y funciones del tobillo enfocadas al desarrollo de las AVD; de acuerdo a sus rangos y ángulos de movimiento.</i>	29
Figura 10. <i>Estado del arte.</i>	34
Figura 11; <i>Diseño de Máquina de Rehabilitación de Tobillo.</i>	51
Figura 12. <i>Diseño de Máquina para Rehabilitación de Tobillo diferentes vistas.</i>	52
Figura 13. <i>Estructura Base.</i>	56
Figura 14. <i>Componentes estructurales.</i>	57
Figura 15. <i>Estructura Soporte.</i>	58
Figura 16. <i>Estructura Soporte.</i>	59

Figura 17. <i>Variable estructural.</i>	60
Figura 18. <i>Articulación Prismática.</i>	60
Figura 19. <i>Base Pantorrilla.</i>	61
Figura 20. <i>Componentes Funcionales.</i>	62
Figura 21. <i>Riel U.</i>	64
Figura 22. <i>Ejes de Movimiento Inversión Eversión AVD</i>	65
Figura 23. <i>Ejes de Movimiento Flexión, extensión AVD</i>	65
Figura 24. <i>Lámina de soporte moto.</i>	65
Figura 25. <i>Carcasa de Ángulos de Movimiento; Fuente: Autor.</i>	68
Figura 26; <i>Base soporte L.</i>	69
Figura 27. <i>Base Zapato.</i>	70
Figura 28. <i>Felpa de apoyo estructural.</i>	70
Figura 29. <i>Control Manado.</i>	71
Figura 30. <i>Interfaz gráfica de primer panel de interfaz.</i>	72
Figura 31. <i>Posición sentada, secuencia de uso.</i>	73
Figura 32. <i>Posición Decúbito, secuencia de uso.</i>	73

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1. Matriz de decisión de Aspectos Técnicos.

Anexos 2. Instrumentos de Investigación; Entrevista semi-estructurada.

Anexos 3. Tablas de resumen Entrevistas.

Anexos 4. Requerimientos de Diseño.

Anexos 5. Diagramas de Acciones.

Anexos 6. Planos Técnicos.

RESUMEN

La lesión de tobillo una de las causas por las que se acude usualmente a los servicios médicos especializados, el acceso a los servicios de rehabilitación un método que permite la restauración de los rangos de movimiento y en su medida alcanzar mejoras de bienestar, los beneficios de los ejercicios activos sin duda permitirán en la articulación aumentar su capacidad de movimiento y por ende el desarrollo de actividades de la vida diaria, al ser entendida la lesión como una discapacidad transitoria.

Con este trabajo se pretende desarrollar una unidad de movimiento pasivo y activo para paciente en rehabilitación de tobillo, que le permita alcances de movilidad óptimos para el desempeño de sus habilidades como ser individual y social.

Su construcción conceptual aborda todo un desarrollo metodológico, que le permite la obtención de datos secuenciales para su desarrollo y la integración con otras áreas del saber cómo la mecánica, electrónica y el diseño Industrial.

Palabras Claves: Discapacidad, Rehabilitación, Lesión, Tobillo, situación geográfica, calidad de vida, accesibilidad, cobertura.

ABSTRACT

Injury to ankle, one of the causes that are usually to medical services specialist, access to rehabilitation services a method that allows the restoration of ranges of movement and measure improvements of welfare, the benefits of active exercises without doubt will joint increase their ability of movement and therefore the development of activities of daily living to be understood as a temporary disability injury.

This work is intended to develop a unit of movement for patient in rehabilitation of ankle, allowing mobility reaches optimal for the performances of their skills as individual and social.

Its conceptual construction deals with all a methodological development, which allows sequential data for its development and integration with other areas of knowledge as mechanics, electronics and Industrial Design

Keywords: Disability, Rehabilitation, Injury, Ankle, geographical location, quality of life, accessibility, coverage.

1. INTRODUCCIÓN

La **lesión** de tobillo es una de las causas por las que se acude usualmente a los servicios médicos especializados, **discapacidad** que puede ser de tipo permanente o **transitoria** y generalmente implican un proceso posterior de **rehabilitación**, procedimiento que permite a la persona con discapacidad transitoria alcanzar y mantener el nivel óptimo de su estado funcional; La eficiencia de este proceso es restaurar en su plenitud el **rango de movimiento** y en esta medida lograr una mejor **calidad de vida** y desempeño de las habilidades como ser individual y social, ya que el bienestar es la mejor defensa que le permite estar preparado como ser social y productivo.

La salud juega un papel importante como ventaja competitiva de desarrollo y derecho democrático, establecido por la Organización Mundial de la Salud (**OMS**) en 1946; servicio que incluye el acceso una atención oportuna y calidad satisfactoria, independiente de su concepción como individuo. Sin embargo al ser considerada la **cobertura** en términos de número de habitantes que tienen acceso a cierto servicio de salud es importante tener en cuenta otros elementos como la **situación geográfica**. La organización administrativo-territorial que presenta Colombia actualmente, segrega la población en dos zonas centro y **periferia** incidencia que afecta las dinámicas de movilidad de esta última, al tener la población que recorrer mayores distancias para acceder a los recursos ya sea de infraestructura o servicio que ofrece la centralidad dado que allí se concentran las actividades económicas y, en el cual la **cobertura en salud** no cumple con una igualdad de servicio, la población de la zona urbana tiene acceso a los diferentes niveles de atención, nivel uno (poco

sofisticado) hasta el nivel tres (especializados) a diferencia de la cobertura que ofrece un centro de atención de salud en una zona de salud dispersa.

Teniendo en cuenta el contexto, este proyecto pretende que una persona con discapacidad transitoria logre alcances de movimiento óptimos para el tobillo y en la medida el desarrollo normal de sus actividades de la vida diaria y desempeño de sus habilidades como ser individual y social; a través, de un sistema de rehabilitación de tobillo que se ajusta a los requerimientos planteados por la investigación y a las necesidades del contexto, ofreciendo el acceso a un servicio de salud especializado, su importancia radica en que no se verá sujeto a la capacidad de recurso del sistema centralizado sino a suplir una necesidad de recurso como es el acceso al servicio de rehabilitación un método que permite la restauración de los rangos de movimiento, y en su medida alcanzar mejoras de bienestar y calidad de vida.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un dispositivo de rehabilitación activa y pasiva que permita la restauración de movimiento para el desarrollo de actividades diarias sufridas por una lesión de tobillo, venciendo barreras de accesibilidad en pacientes vulnerables geográficamente.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la articulación de tobillo de acuerdo a sus rangos y ángulos de movimiento.
- Determinar condiciones de operación dadas por el grupo de investigación.
- Desarrollar una propuestas de rehabilitación de tobillo, que permita al individuo alcanzar condiciones de movimiento, iguales o similares a la inicial.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Colombia presenta una alta dispersión poblacional ya que en la actualidad su organización posee una descentralización administrativo-territorial; que reparte al municipio en dos zonas: urbana y rural, haciendo que en ella se trabaje de manera centralizada, debido a que la infraestructura de la ciudad hace que se trabaje de este modo, sus flujos de movimiento y la accesibilidad al territorio hacen que el individuo tenga que dirigirse indefinidamente a la ciudad; siendo la zona rural el sector en el que se agravan con mayor facilidad la accesibilidad a los recursos y las dinámicas de movilidad, teniendo en cuenta que la zona urbana es la que dota de accesibilidad al territorio, haciendo a una persona de la zona rural más vulnerable geográficamente si ésta sufre algún riesgo que afecte a su bienestar.

"una persona con discapacidad es aquella que sufre limitaciones en la cantidad-calidad de actividades que debe realizar cotidianamente, o barreras en su participación como persona debido a una condición de salud física o mental" (DANE, 2004)

La lesión de tobillo es una de las causas por las que se acude usualmente a los servicios médicos, ya que esta lesión se encuentra en una de las áreas de mayor repetitividad de movimiento afectando así el desarrollo de alguna actividad diaria, ya sea caminar, correr, o estar en posición bípeda; lo cual impiden en el individuo el libre movimiento de la articulación y por ende la dependencia en el desarrollo de las actividades de la vida diaria. La rehabilitación es uno de los métodos que permiten la restauración de estas habilidades, este proceso consiste en restaurar en su plenitud el rango de

movimiento de la articulación y el mantenimiento de la independencia y en la medida sus actividades diarias; teniendo en cuenta que esta restricción afecta las actividades que también están dadas por el ambiente en cual se desenvuelve una persona como su contexto, al tenerse en cuenta que gran parte de las personas que viven en la periferia tiene que desplazarse a la ciudad especialmente la población productiva que se encuentra entre los 14 y 65 años de edad.

De este modo, la movilidad ya sea física o geográfica en una zona rural se convierte en un problema de limitación de acceso al no contar con los diferentes niveles de atención en cobertura de salud, haciendo que una discapacidad se visualice en mayor medida como un obstáculo y la accesibilidad a la rehabilitación en una limitación de recuperación y sacrificio económico, al tener la persona con la lesión que apartarse de las posibilidades de generar ingresos debido a su escasa movilidad. Según el DANE Comité Regional de Rehabilitación, en Colombia el 6.5% de la población sufre de algún tipo de discapacidad y gran parte de estos se encuentran entre los 14 y 65 años de edad, que pertenece a la población productiva.

¿Cómo facilitar el proceso de rehabilitación de un individuo en situación de discapacidad transitoria de tobillo, que se encuentra en riesgo de vulnerabilidad geográfica, debido a las barreras de acceso impuestas por el modelo de salud actual centralizado?

3.1 JUSTIFICACIÓN

La salud en cualquier individuo es un factor indispensable que juega un papel importante como ventaja competitiva de desarrollo y derecho democrático, el bienestar la mejor defensa que le permite estar preparado como ser social y productivo, pues de este depende la satisfacción e independencia de sus actividades como ser social y productivo; sin embargo la segregación poblacional ha generado en los habitantes la diferenciación de estratos en términos de distancia, haciendo que la ***zona rural*** sea el principal sector con problemas de carácter urbano y social por su alto aumento en las distancias haciendo que estos necesariamente recorran mayores trayectos para acceder a recursos de salud que ofrece la centralidad.

La dependencia causada en este caso por una lesión de tobillo es una deficiencia que afecta la capacidad movimiento y la calidad de vida, ya que se ve sujeto a un entorno de vulnerabilidad que limita con mayor dependencia la participación de una persona ya sea para desarrollar cualquier actividad que interfiera con este miembro inferior, actividades como caminar, correr, entre otras actividades de participación; que se traducen en alteraciones de la calidad de vida, precisamente porque la realización de estas los obligan a la utilización de ayudas técnicas o dependencia, lo cual influyen en la rehabilitación un exigente cuidado de salud que involucra la inmovilización del miembro inferior y un adecuado proceso de recuperación que este demanda y exige en su tratamiento (*sacrificios económicos que implica el desplazamiento a centros de salud especializados para su recuperación*).

Medidas que discriminan problemas que van más allá de la accesibilidad al servicio, ya que la población de la zona periférica entendida como la más vulnerable no goza de los mismos beneficios siendo participe de los mismos derechos democráticos, debido a que depende en gran medida de un conjunto de factores contextuales como anteriormente mencionamos en el proyecto; afectando al individuo en situación de discapacidad transitoria que sufre con mayor riesgo de probabilidad vulnerabilidad geográfica ya que su bienestar se afecta porque la cobertura del servicio de salud especializado no es suficientemente amplio para que la accesibilidad al servicio sea de calidad satisfactoria.

4. MARCO CONCEPTUAL

4.1 VULNERABILIDAD

La vulnerabilidad como término surge de la experiencia humana de la armonía entre el hombre y su entorno, entendida como la probabilidad de estar en riesgo por una amenaza ya sea interna o externa las cuales convergen en el individuo, razón por la que esta noción puede ser entendida como una noción multidimensional.

La variedad de los factores internos y externos que lo relacionan, está dada por los diversos enfoques en los que un individuo puede verse en riesgo, ya sea a nivel; **físico** (ambiental), **social** (económico, político, cultural). *“La vulnerabilidad es una noción multidimensional en la medida que afecta tanto a individuos, grupos y comunidades en distintos planos de su bienestar, de diversas formas y con diferentes intensidades.”* (BUSSO, 2001). Así, podría decirse que todo individuo o población en mayor o menor medida es vulnerable.

Sin embargo, es la *vulnerabilidad social* la que está ligada intrínsecamente a los aspectos culturales y al nivel de desarrollo de las comunidades, la fragilidad de enfrentarse a ciertas condiciones extremas hacen difícil el desempeño de ciertos grupos sociales, dependientes en su mayoría del nivel de desarrollo alcanzado. Expresados en (*indefensión, desamparo y debilidades internas*) íntimamente ligados a la capacidad de recursos y alternativas de acción para enfrentar los cambios que

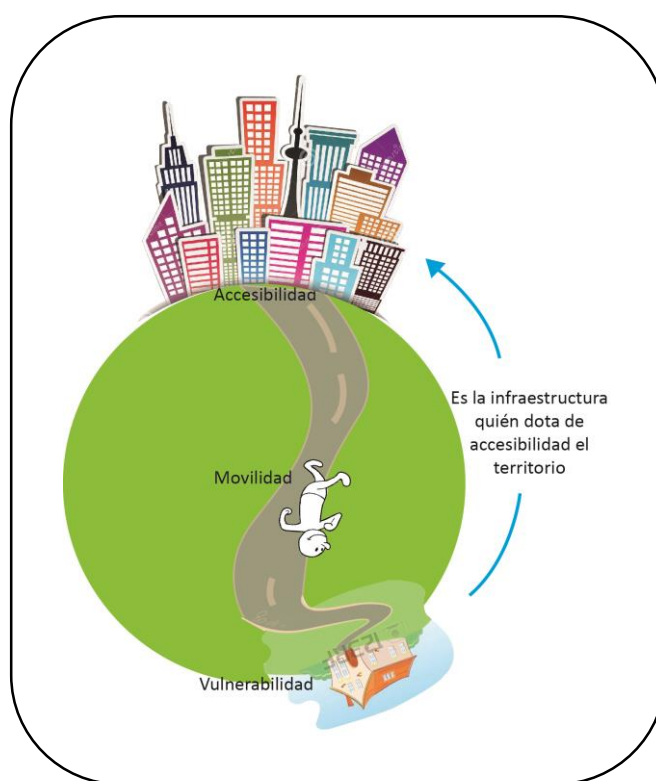
combinadas a la falta de respuesta de ello, lleven al individuo a sufrir deterioro en el bienestar.

4.1.1 VULNERABILIDAD en *situación Geográfica*

Al entenderse la vulnerabilidad como una noción de riesgo intrínsecamente relacionados con aspectos sociales frente a su capacidad multidimensional; es posible indicar, que la *vulnerabilidad en situación geográfica* varía conforme a la cultura de la sociedad y esta determina la característica en la que puede verse afectado el individuo, uno de estos factores es la distribución asimétrica de los recursos, el cual limita el acceso a circunstancias óptimas para el desarrollo y alcances de bienestar.

En Latinoamérica el creciente desarrollo de la población ha generado un constante aumento de las distancias, las áreas urbanas se diferencian por estratos sociales en términos de infraestructura y elementos socioeconómicos (*capacidad de ingreso, residencia y de servicios*), que segregan la población generalmente en dos zonas **centro y periferia**, siendo específicamente la *periferia* el sector en el que se agravan con mayor facilidad los problemas de carácter urbano y social, debido a que las dinámicas de movilidad crecen y las personas deben recorrer mayores distancias para acceder a recursos que ofrece la centralidad, dado que allí se concentran las actividades económicas; debido a que en la actualidad, la ciudad trabaja de forma centralizada regida por los flujos de desplazamiento haciendo que la infraestructura sea quien dote de accesibilidad el territorio y de este modo el individuo tenga que dirigirse indefinidamente a la ciudad; entiéndase **Accesibilidad** como "*capacidad de llegar en condiciones adecuadas a los lugares de residencia, trabajo, formación, asistencia sanitaria, interés social, prestación de servicios u ocio, desde el punto de*

vista de la calidad y disponibilidad de las infraestructuras, redes de movilidad y servicios de transporte" (GANGES & SAENZ, 2008). Deber que cumple la ciudad por ser un lugar de intercambio, sin embargo su atributo espacial limita aquel individuo que habita en la periferia, ya que la accesibilidad al conjunto de atributos que ofrece esta se ve reducido por su relación entre proximidad y distancia y se refleja en algo que va más allá, esfuerzo en tiempo y costo.



Fuente: Autor

Figura 1. Accesibilidad como Característica del Urbanismo

La accesibilidad como una característica del urbanismo, que en su medida permite la libre utilización, condicionada por factores que afectan en mayor o menor riesgo la calidad de vida según el individuo.

Vulnerabilidad como el riesgo en relación a la distancia.

Movilidad como el desplazamiento.

Accesibilidad como la infraestructura/capacidad.

De este modo es indiscutible señalar que los niveles de ingreso y las actividades cotidianas determinan una población o individuo además de sus dinámicas de movilidad, entiéndase movilidad como un *"conjunto de desplazamientos que las personas y los bienes deben hacer por motivo laboral, formativo, sanitario, social, cultural o de ocio, o por cualquier otro."*(GANGES & SAENZ, 2008); que se afectan en mayor medida y geográficamente cuando su vulnerabilidad ya existente sufre algún riesgo que lo haga más frágil a ese conjunto de "activos"¹, teniendo en cuenta que estos activos generalmente son derechos democráticos, así, que si se afectan en cualquier medida de riesgo, el nivel de calidad de su bienestar se verá afectado.

La **salud** juega un importante papel como ventaja competitiva de desarrollo y como derecho democrático, Según **Amartya Sen (1997)** *"El bienestar se evalúa en términos de su habilidad real para lograr funcionamientos valiosos como parte de la vida."* indispensable para el desarrollo y alcance de su satisfacción independiente de cada individuo, no está de más decir, que un individuo con buena salud está mejor preparado como ser social y productivo; El derecho a la salud fue establecido por primer vez en 1946 por la constitución de la **OMS** *"El goce del grado máximo de salud que se pueda lograr es uno de los derechos fundamentales de todo ser humano..."* (CONSTITUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, 2006) servicio que no solo debe entenderse por el derecho a estar sano; incluye el acceso a una atención sanitaria oportuna y de calidad satisfactoria, lugar en el que la accesibilidad y la cobertura de salud juega un gran papel, pues de estas depende el libre alcance de las personas a dicho servicio, independiente de sus concepciones como individuo; sin embargo, al ser entendida la cobertura en término general como el *número de habitantes que están potencialmente en contacto con el servicio de salud*, esta medida

¹ Conjunto de activos, entendidos como acceso a estructuras de oportunidades, espacios de justicia y derechos democráticos ofrecidas por la región.

discrimina problemas que van más allá del número de habitantes, *una de ellas y de mayor importancia la situación geográfica: la población que habita en zonas urbanas tienen acceso a los diferentes niveles de atención y pueden transitar desde el nivel primario (poco sofisticado) hasta el nivel terciario (hospital de concentración) pero no es lo mismo la cobertura que brinda un centro de salud en zonas rurales dispersas.* Al igual de otros elementos que se encuentran en contacto potencial con el servicio, como falta de recurso e infraestructuras en dichas zonas, donde el servicio a la salud se determina por problemas más complejos de orden socioeconómico y no solo por falta de atención médica.

La población de las zonas periféricas entiéndase como la de mayor índice de vulnerabilidad, no goza de este servicio de la misma manera teniendo en cuenta que es participe de los mismos derechos democráticos, debido a que esta depende en gran medida de factores biológicos y socioeconómicos como anteriormente mencionamos. De este modo es posible identificar dentro del proyecto a trabajar que un individuo residente en una zona periférica y en condición de discapacidad transitoria sufre con mayor riesgo de probabilidad, ***vulnerabilidad de situación geográfica***, debido a que su bienestar se ve afectado por razones de accesibilidad en el cual la cobertura no ofrece un servicio de salud especializado.

4.2 DISCAPACIDAD

Según, Sistema Nacional de Discapacidad- **SND** (2006) "*La discapacidad es un concepto que evoluciona y que resulta de la interacción entre las personas con deficiencia y las*

barreras debidas a la actitud y al entorno que evitan su participación plena y efectiva en la sociedad, en igualdad de condiciones con las demás"

La **CIF** define la discapacidad desde un entorno de interacciones complejas, entre las funcionales (*físicas*) y personales y del ambiente social y físico que representa las circunstancias en la que vive una persona.

4.2.1 DISCAPACIDAD ***Transitoria***

La ***discapacidad*** es una restricción para realizar una actividad bajo lo que se conoce como normal, ese normal hace referencia a la mayoría, es por eso que una discapacidad es una consecuencia o situación con variados factores causales y a su vez con diferentes tipos de discapacidad, generalmente la discapacidad se percibe como una condición permanente pero cualquier restricción afecta directamente las actividades del individuo en términos de dependencia, intimidad, desarrollo de sus actividades y estructura de oportunidades, en igualdad de situaciones ya sea ***transitoria*** o permanente.

Cuando se sufre algún tipo de restricción de movimiento las limitaciones de actividad y las restricciones de participación se hacen más visibles, porque se ve sujeto a un entorno de vulnerabilidad geográfica que limita con mayor dependencia su participación; necesarios para satisfacer aspectos individuales, sociales, económicos de la población, afectando así su calidad de vida pues esta se mide en términos de su bienestar para lograr funcionamientos valiosos como lo dice ***Amartya Sen***, ya sean de satisfacción o habilidad. Según la ***CIF (Clasificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad)***. Si un individuo tiene restricción de movimientos de forma autónoma, esa persona no puede realizar sus actividades diarias, ya sean de carácter

laboral, recreativo, personal o social y esto es llamado como condición de discapacidad lo cual afecta en gran medida a la población de las zonas vulnerables ya que afecta todos los aspectos de él, su bienestar individual, económico o social.

Teniendo en cuenta la noción de discapacidad y la forma en cómo se aborda para este proyecto dicho concepto, se puede exponer que una **lesión** es una discapacidad de tipo transitoria y una de las causas por la cual se acude usualmente a los servicios médicos pues su causa puede ser presente por cualquier tipo lesionar, el acceso a los servicios de rehabilitación es un método que permite la restauración de estas habilidades.

4.3 REHABILITACIÓN

"Rehabilitación, al conjunto de medidas encaminadas a mejorar la capacidad de una persona para realizar por sí misma, actividades necesarias para su desempeño físico, mental, social, ocupacional y económico, por medio de órtesis, prótesis, ayudas funcionales, cirugía reconstructiva o cualquier otro procedimiento que le permita integrarse a la sociedad" (CENECTEC, 2005).

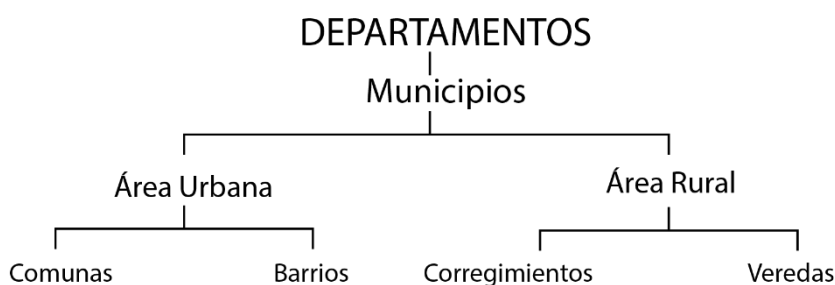
La eficiencia de este proceso es restaurar en su plenitud el rango de movimiento y el mantenimiento de independencia y en la medida sus actividades diarias, es un proceso que se lleva a cabo en su etapa de recuperación funcional, pues busca fortalecer los tejidos además de la recuperación, desarrollo y desempeño de las habilidades como ser individual y social, la eficiencia de este método se puede medir

en relación al desarrollo de la tecnología ya que gracias a estos se pueden utilizar diversos tipos de procedimientos y agentes físicos para el tratamiento.

Siendo lo anterior, base de la investigación se genera un contexto del que se considera según nuestra perspectiva los aspectos más relevantes, que se deben abordar para desarrollar una introspección. Dentro de dicho contexto, reunimos los componentes que se ajustan a este proyecto, estos son vulnerabilidad en situación *Geográfica*, aborda el individuo y el entorno que lo rodea; *Discapacidad* como la restricción ya sea física o social que afecta directamente las actividades del individuo, *accesibilidad* como el factor que determina la estructura de oportunidad y otros factores no menos importantes pero necesarios que establecen la relación entre *discapacidad* y *rehabilitación* para asegurar una mejor *calidad de vida*.

5. CONTEXTO

5.1 DIVISIÓN ADMINISTRATIVA Y TERRITORIAL DE COLOMBIA



Fuente: Autor

Figura2. División territorial de Colombia

La organización territorial en Colombia fue establecida en la constitución de 1991, es considerada una república unitaria que posee una administración descentralizada, la cual reparte al departamento en **municipio** y este en áreas **urbanas** (*comunas y barrio*) y **rurales** (*corregimientos y veredas*), lo cual consiste en transferir a los municipios funciones políticas, administrativas con el fin de que estas sea ejercidas autónomamente; Sin embargo, mediante la instauración de estos poderes los departamentos adquieren un poder de gobierno central en la prestación de servicios de nivel local con el fin de lograr una administración armónica.

Propuesta que forma parte de las políticas de desarrollo, con el fin de asegurar un uso eficiente los recursos, mejorar la prestación de servicios (educación, salud, reducción de pobreza y necesidades básicas insatisfechas).

Según *Alberto Maldonado* "La idea de descentralización era que las regiones contaran con un gobierno comprometido con la región, sin embargo no se estimaron que los alcances económicos se miden en población siendo el sector de la periferia la más afectada", esto hace pensar que la igualdad de los gastos en distribución de recursos no son equitativos.

5.1.1 Sistema de Salud en **Colombia**

El sistema general de seguridad social en salud (**SGSSS**) fue creado en el año de **1993 (Ley 100)**, con el fin de crear mayor cobertura y facilitar el acceso al servicio de salud y mejorar la calidad de vida de los colombianos, modelo que funciona a través de dos regímenes: **Subsidiado**, es el mecanismo que permite a la población más pobre acceder a los servicios de salud, subsidio que ofrece el estado y es responsabilidad de los entes territoriales; **Contributivo**, es aquel que tiene una persona que cuenta con una vinculación laboral, o sea capacidad de pago. De esta manera en 1991 la constitución nombra al estado como el encargado dirección, coordinación y control, bajo los principios de eficiencia, universalidad y solidaridad, señalando que los servicios de salud deben organizarse de forma descentralizada y por niveles de atención.

Actualmente, uno de los desafíos que enfrenta el sistema de seguridad social en salud (**SGSSS**) en Colombia es el acceso a los servicios médicos, aun cuando sus niveles de cobertura oscilen entre "87% y el 91%" (GES, 2011), el acceso a los servicios de salud en Colombia, entendido como el porcentaje de personas que utilizó los servicios médicos al momento de necesitarlos, disminuyó en el mismo período al pasar de 79,1% a 75,5%, de acuerdo con datos de la Encuesta Nacional de Calidad de Vida (ENCV).

Esto demuestra que una ley de cobertura no es el único factor que determina la utilización de los servicios, encontrarse asegurado por el **SGSSS** no determina la utilización del servicio, exhibiendo la existencia de otras barreras relacionadas con la demanda de salud.

6. TOBILLO

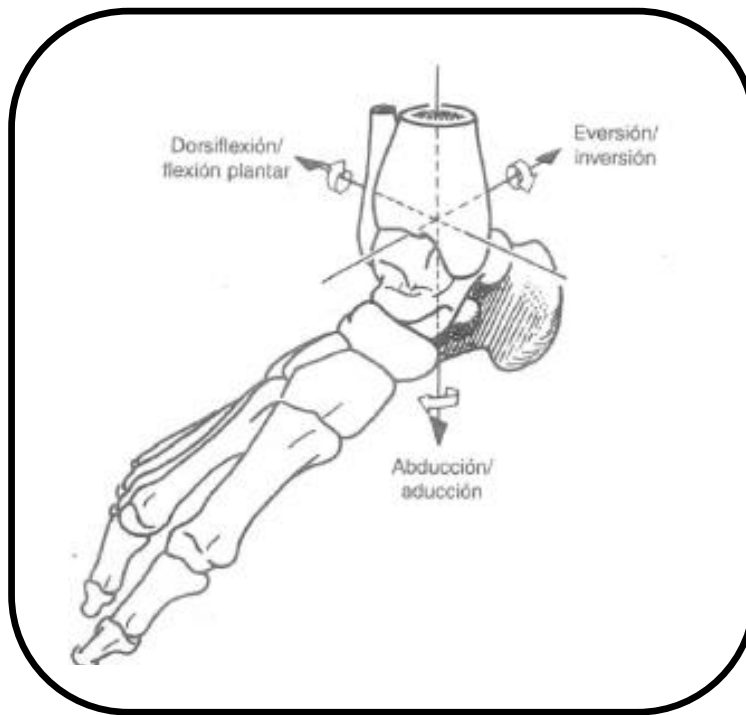
6.1 CARACTERIZACIÓN DE TOBILLO

El tobillo está compuesto por tres huesos que forman la mortaja de tobillo, esta articulación, está compuesta por las articulaciones **Tibio-Astragaliana, Peroneo-Astragaliana y Tibio-Peronea**; articulación que funciona a nivel de bisagra cuya estabilidad depende de la congruencia articular y de los ligamentos externo, internos; Actúa como soporte estructural capaz de ajustarse a diferentes planos del suelo y varía las velocidades de locomoción "cualquier cambio patológico en la estructura o movimiento del tobillo o del pie, puede tener un profundo impacto sobre el papel estabilizador, propulsor y absorbente de impacto del pie y del tobillo" (Frankel & Nordin, 2004).

6.1.1 Movimiento *en torno a ejes y planos*.

El movimiento global del pie es complejo y tiene lugar a tres ejes y sobre tres planos (Fig.3)

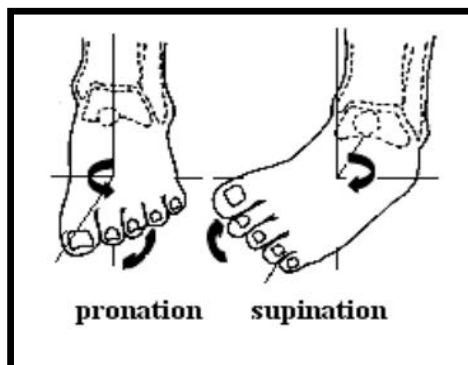
- **Flexión y Extensión**, (Plano Sagital).
- **Abducción y Aducción**, (Plano Horizontal Transverso).
- **Inversión y Eversión**, (Plano frontal).



Fuente: FRANKEL, Víctor H.; NORDIN, Margarita; **BIOMECÁNICA BÁSICA DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO: Biomecánica del pie y del tobillo**

Figura3. El movimiento del pie alrededor de tres ejes.

La supinación y la pronación son términos comúnmente usados para describir el posicionamiento de la superficie plantar del pie y tiene lugar y tienen lugar principalmente en la articulación subastragalina (*calcáneo -astragalina*).



- **Supinación**, Es la combinación de inversión, Flexión y Aducción.
- **Pronación**, Combinación de Inversión, Flexión y abducción.

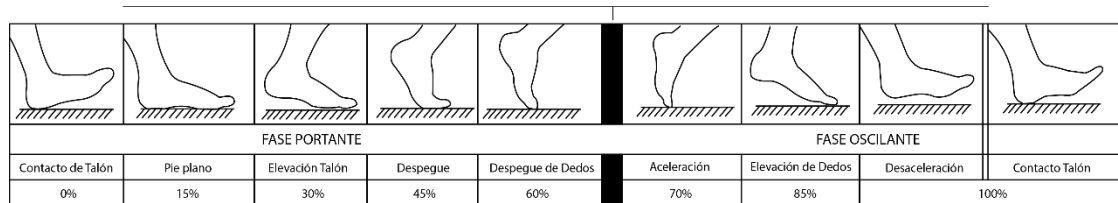
Fuente: KAPANDJI; **FISIOLOGIA ARTICULAR, TOMO 2: MIEMBRO INFERIOR: CAPÍTULO III EL TOBILLO**

Figura4. Movimiento pronación supinación.

6.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MARCHA.

6.2.1 Movimiento del pie y tobillo *durante la marcha*.

Los movimientos del pie y tobillo durante el ciclo de la marcha se producen como resultado de las restricciones pasivas de la articulación y ligamentos; El ciclo de la marcha está comprendido por dos fases una portante y una oscilante, en la cual la fase portante abarca cerca del 62% del ciclo y la oscilante el otro 38% restante de la marcha.



Fuente: FRANKEL, Víctor H.; NORDIN, Margarita; **BIMENCANICA BÁSICA DEL SISTEMA MUSCULOESQUELETICO: Biomecánica del pie y del tobillo**

Figura 5, Ciclo de la Marcha

6.2.2 Rango de movimiento *durante la marcha*.

El movimiento de tobillo se produce principalmente en el plano sagital y se describe como flexión plantar (*flexión*) y flexión dorsal (*extensión*).

- Un movimiento normal, **de 10 a 20° de flexión dorsal**.
- Un movimiento normal, **40 a 45° de flexión plantar**.

En el contacto del talón el tobillo está a una ligera flexión plantar, incrementando hasta el pie plano pero el movimiento se invierte rápidamente hacia la flexión

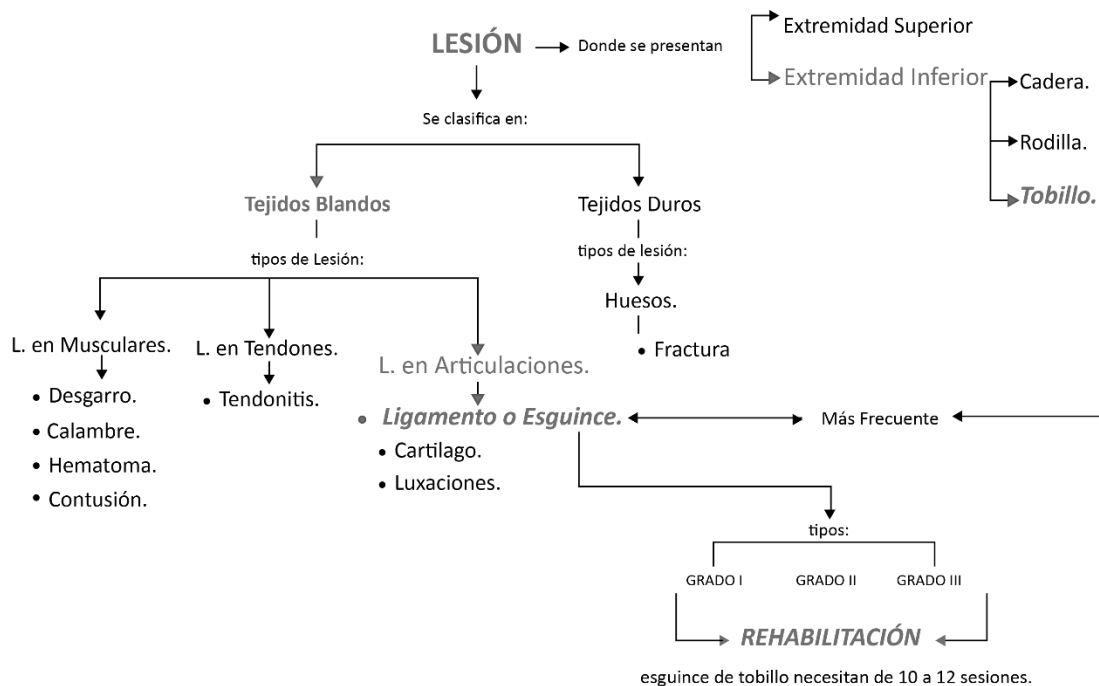
dorsal durante la mitad de la fase portante a medida que el cuerpo sobrepasa el pie.

El movimiento vuelve de nuevo a la flexión plantar con el despegue de los dedos.

- El tobillo se flexiona dorsalmente de nuevo en la mitad de la oscilación y cambia a una ligera flexión plantar en el contacto con el talón.

El movimiento del tobillo durante el andar media **10,2°** de flexión dorsal y **14,2°** de flexión plantar con un movimiento total de **25°**; la **flexión dorsal** se produce en el **70%** y la máxima flexión plantar se produce en el despegue de los dedos.

6.3 CARACTERIZACIÓN DE LA LESIÓN DE TOBILLO.



Fuente: Autor

Figura 6. Caracterización de la Lesión de Tobillo.

La figura ilustra la exploración realizada frente a la lesión como extremidad susceptible a un trauma y las divide en: lesión de extremidad superior e inferior, las clasifica según tipos de lesiones presentes, dependiendo de su tipificación y después las determina según el grado de discapacidad y por ultimo identifica el tipo de proceso que llevaría a cabo para restablecer su funcionamiento.

La patología del tobillo, en sus diferentes formas de presentación (afectación ósea, articular y/o partes blandas), constituye un motivo frecuente de consulta médica en los Servicios de Rehabilitación, esta varía en función de la gravedad de la lesión y condicionado bajo diferentes factores de como la edad del paciente, el sexo, su actividad laboral habitual y la existencia o no de otras patologías asociadas.

Dentro de la patología del tobillo, son las lesiones de partes blandas las que ocupan el primer lugar, destacando por encima de todas el esguince de tobillo. Sin embargo, dentro del ámbito laboral, la patología ósea y/o articular es cada vez más frecuente (aún por debajo en frecuencia tras el esguince de tobillo), con el factor añadido de tratarse de lesiones relacionadas con un traumatismo de gran intensidad, capaz de determinar lesiones potencialmente incapacitantes.

6.4 REHABILITACIÓN DE TOBILLO PARA ARTICULACIÓN DE TOBILLO.

El objetivo de la rehabilitación de tobillo es disminuir la inflamación y fortalecer los músculos que rodean el tobillo; Sea cual sea la lesión sufrida es fundamental el desarrollo de ejercicios domiciliarios en el caso del tobillo la movilización (flexión y

extensión) y trazar círculos con el pie (hacia fuera y hacia dentro), ayudando a reducir la inflamación y prevenir la rigidez.

Ejercicios:

SEGÚN REVISTA REVITA BIP IBERMUTUAMOR; **TRIBUNA MÉDICA: Programa de Ejercicios en la Rehabilitación de la Patología de Tobillo.**

- ***EJERCICIOS ACTIVOS LIBRES DEL TOBILLO:*** se realizan en descarga, sin apoyar el pie en el suelo, y deben hacerse en cada uno de los movimientos fisiológicos del tobillo, es decir, flexión dorsal (pie hacia arriba), flexión plantar (pie hacia abajo), inversión (pie hacia adentro) y eversión (pie hacia fuera). Se pueden complementar los anteriores ejercicios libres de

tobillo, con la realización activa de movimientos sencillos en el aire con el tobillo/pie, como por ejemplo, las letras del alfabeto y/o los números del 1 al 10, lo que sin duda permitirá conseguir una mayor flexibilidad en la articulación del tobillo y aumentar por tanto su capacidad de movimiento.

- ***EJERCICIOS DE POTENCIACIÓN MUSCULAR DEL TOBILLO.***

Ejercicios Isométricos: Se trata de realizar una contracción muscular voluntaria sin que exista movimiento de la articulación, por ejemplo, realizar inversión y/o eversión de tobillo contra una resistencia fija que impida cualquier tipo de movimiento articular.

Ejercicios Activos Contra-Resistencia: En este caso, se realizan movimientos activos del tobillo contra una resistencia dinámica – bandas elásticas (THERABANDS) – de diferentes colores según el nivel de resistencia. Igualmente, deberán realizarse en los diferentes movimientos fisiológicos del

tobillo, y lo ideal es ir aumentando de forma progresiva el nivel de resistencia que se opone al movimiento activo del tobillo.

- ***EJERCICIOS DE ESTIRAMIENTO/FLEXIBILIZACIÓN DEL TOBILLO:*** Se trata de ejercicios diseñados para provocar un estiramiento progresivo de las partes blandas del tobillo, en un intento por mejorar la elasticidad de los mismos. Estos ejercicios se pueden realizar tanto sobre una pequeña altura (un escalón o un taburete) como en un suelo firme, y por lo general van dirigidos a conseguir un adecuado estiramiento tanto del tendón de Aquiles como de toda la musculatura flexora plantar del tobillo.
- ***EJERCICIOS DE PROPIOCEPCIÓN:*** Ejercicios especialmente diseñados para mejorar el control postural, el equilibrio y los mecanismos protectores de la articulación del tobillo, con vistas a poder adaptarse de una forma adecuada y progresiva a las diferentes situaciones que se vayan planteando durante la recuperación de un patrón de marcha independiente sin ayudas, y que lógicamente incluyen terrenos lisos, irregulares, con diferentes alturas, etc.

7. METODOLOGÍA

El desarrollo de investigación en este proyecto, se construye a partir de cuatro pasos metodológicos (*conceptualizar, caracterizar, determinar, desarrollar*) los cuales incluyen la etapa conceptual del proyecto o **conceptualización de la problemática**, que cuenta con conceptos rectores y variables que permiten la estructuración y descripción del problema. Las siguientes tres etapas estructuran el estado formal del proyecto, dando como resultado respuesta a los objetivos planteados, que al final generan unos requerimientos y de ello una respuesta a la pregunta planteada (Fig. 9).

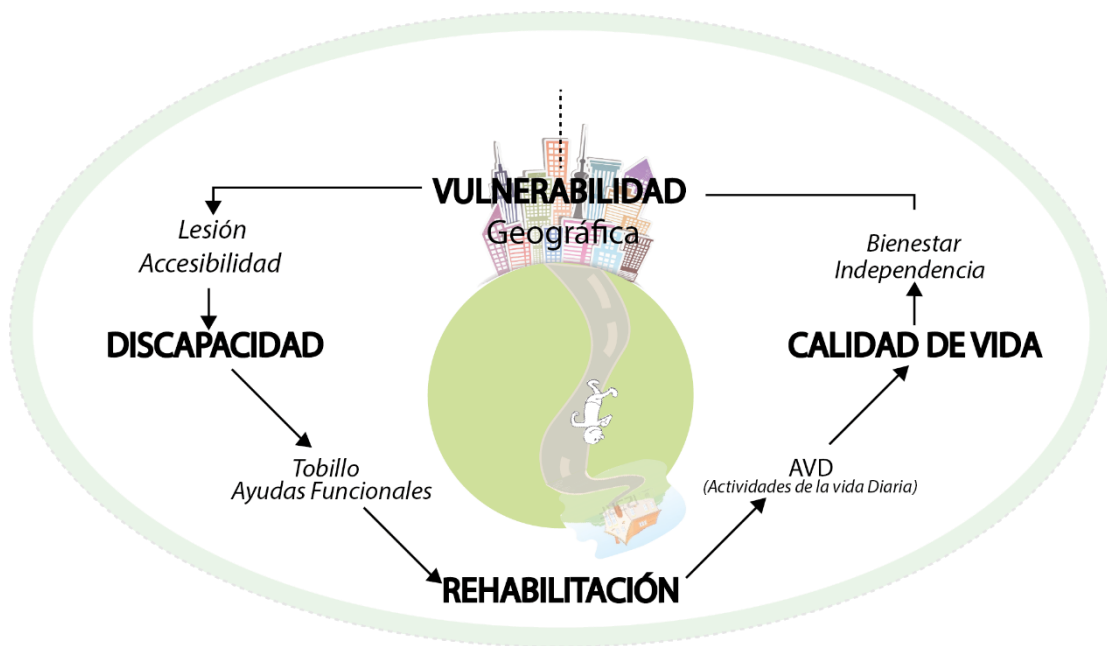


Fuente: Autor

Figura 7. Conceptualización de Etapas

7.1 CONCEPTUALIZAR (etapa 1).

Esta etapa de nociones se manifiesta a partir de una situación problema como lo es el acceso a la rehabilitación, la generación de conceptos son resultado de dicha situación y se sustentan bajo fundamentos teóricos que pueden ser entendidos con mayor claridad en el capítulo uno, *marco conceptual*. (Fig. 10).



Fuente: Autor

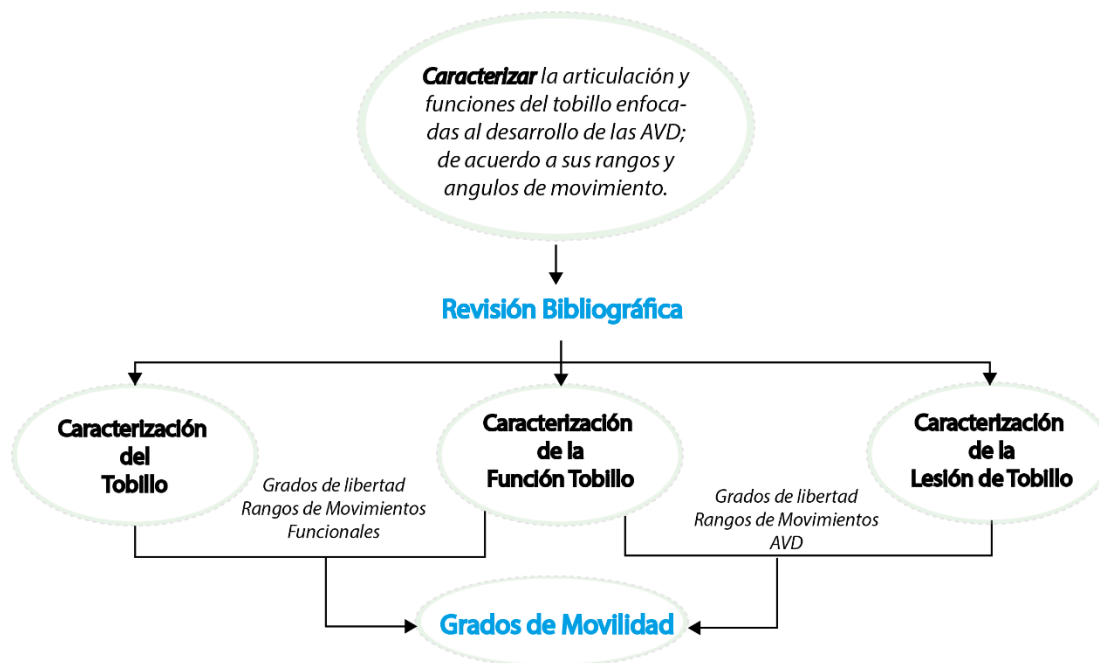
Figura 8. Cuadro de conceptualización.

7.2 TRABAJO DE CAMPO *(Etapa 2).*

Etapa de la metodología que permite la obtención de datos necesarios para el desarrollo del proyecto, sustentada bajo fundamentos teóricos y trabajo de indagación como la entrevista; Esta etapa se compone de tres subdivisiones, cada una de ellas permiten la obtención de datos a partir de tablas y matrices que permiten sintetizar información, a continuación se presenta la subdivisión y resultado de ello.

7.2.1 *Caracterizar la articulación y funciones del tobillo enfocadas al desarrollo de las AVD; de acuerdo a sus rangos y ángulos de movimiento.*

Para el resultado de esta subdivisión se hace una revisión bibliográfica, en la cual se hace una caracterización de la articulación que permite definir la estructura y rango de movimientos de la articulación del tobillo, una caracterización de la función del tobillo la cual nos define la articulación en función a las AVD (*actividades de la vida diaria*), una caracterización de la lesión que nos permite definir cuáles son los tipos lesionares que más afectan la articulación, esto con el fin de precisar los grados de movilidad para alcanzar el desarrollo de las actividades de la vida diaria. Para ello se fundamentó en tres referencias bibliográficas que hablan de la biomecánica como sistema articular; **“BIOMECANICA BÁSICA DEL SISTEMA MUSCULOESQUELETICO: Biomecánica del pie y del tobillo; FRANKEL, Víctor H.; NORDIN, Margarita.”; “FISIOLOGIA ARTICULAR, TOMO 2: MIEMBRO INFERIOR: CAPÍTULO III EL TOBILLO; KAPANDJI.”; “BIOMECANICA CLÍNICA DEL APARATO LOCOMOTOR: Pie; MIRALLES Marrero, Rodrigo C”.**



Fuente: Autor

Figura 9. Caracterizar la articulación y funciones del tobillo enfocadas al desarrollo de las AVD; de acuerdo a sus rangos y ángulos de movimiento.

Al tener claridad sobre cada uno de ellos, se desarrolla una matriz comparativa de la biomecánica del tobillo y su relación con las actividades de la vida diaria que nos ofrece (*la caracterización del tobillo con la de la función*), la cual permite proponer unos grados de libertad que van en función de (*anatomía como base articular, biomecánica cinemática de la función, bienestar satisfacción de habilidades*). El resultado de ello va más allá de la biomecánica como articulación, sino como articulación en función de las habilidades, sin embargo es necesario tener en cuenta todo en conjunto, para dar una mejor aproximación a los grados de movilidad (Tabla 1).

Libro	Movimiento Anatómico				Movimiento AVD			
	Flexión Plantar	Flexión Dorsal	Eversión	Inversión	Flexión plantar	Flexión dorsal	Eversión	Inversión
FRANKEL, Víctor H. ; NORDIN, Margarita; BIOMECÁNICA BÁSICA DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO: Biomecánica del pie y del tobillo	40-55°	10-20°	5-10°	20-30°	14,2° Marcha	10,2° Marcha	0-5°	0-10°
	Flexión Plantar	Flexión Dorsal	Eversión	Inversión	Flexión Plantar	Flexión Dorsal	Eversión	Inversión
MIRALLES Marrero, Rodrigo C; BIOMECÁNICA CLÍNICA DEL APARATO LOCOMOTOR: Pie	34,3 +/- 12,6°	27 +/- 7,5°	Boon: 37-45°	21-5,0°	10° Durante Marcha; Para subir y bajar escaleras aumento del grado de flexión.	20° Durante Marcha; durante la carrera y subir y bajar escaleras aumento del grado de flexión.	X	X
	Flexión Plantar	Flexión Dorsal	Eversión	Inversión	Flexión plantar	Flexión dorsal	Eversión	Inversión
KAPANDJI, I.A; FISILOGIA ARTICULAR, TOMO 2: MIEMBRO INFERIOR: CAPÍTULO III EL TOBILLO	30 -50°	20 - 30°	5 -10°	25 - 30°	X	X	X	X
	Flexión Plantar	Flexión Dorsal	Eversión	Inversión	Flexión plantar	Flexión dorsal	Eversión	Inversión

FUENTE: Autor

Tabla 1. Cuadro comparativo de biomecánica del tobillo.

Se tiene en cuenta una segunda matriz descriptiva en esta matriz se seleccionan las principales actividades de la vida diaria en relación a la **CIF** (*Clasifica Internacional del Funcionamiento, de la discapacidad y de la salud*), y a las actividades en la que intervenga el tobillo como articulación las cuales se eligen en relación a la lesión de tobillo y capacidad para desarrollarse; su incidencia, en el nivel funcional me ofrecerá identificar el grado de deterioro del bienestar que presenta la lesión; para este caso de investigación solo se seleccionan las más pertinentes a la movilidad de la articulación (Tabla 2).

Teniendo en cuenta lo requerido para investigación en este proyecto evalúa en el documento de la **CIF**, el nivel de las **ACTIVIDADES DE PARTICIPACIÓN**, el cual consta de nueve capítulos siendo de nuestro interés y pertinente para el proyecto los capítulos **4 Movilidad** y **5 autocuidado**. (OMS, 2001)

El *capítulo 4, de movilidad*; trata sobre el movimiento al cambiar el cuerpo de posición o de lugar; al coger, mover o manipular al andar, correr o trepar y cuando se emplean varios medios de transporte; de este capítulo se tendrá en cuenta la categoría **“Cambiar y mantener la posición del cuerpo (d410 – d429)”**, la categoría de **“andar y moverse (d450-d469)”**, y la categoría **“desplazarse utilizando medios de transporte (d470-d479)”**.

El *capítulo 5, autocuidado*; trata sobre el cuidado personal, entendido como lavarse y secarse, el cuidado del cuerpo, vestirse, comer y beber, cuidarse de la propia salud; de este capítulo se tendrá en cuenta la categoría **“Lavarse (d510)”**, y la categoría **“vestirse (d540)”**.

TIPO DE ACTIVIDAD	Código CIF	ACTIVIDADES DIARIAS
Cambiar y mantener la posición del cuerpo	d4104	<i>Permanecer de pie</i>
	d4350	<i>Empujar con las extremidades inferiores</i>
	d4351	<i>Dar patadas/patear</i>
Andar y moverse	d4501	<i>Andar distancias largas</i>
	d4502	<i>Andar sobre diferentes superficies</i>
	d4452	<i>Correr</i>
	d4553	<i>Saltar</i>
Desplazarse utilizando medios de transporte	d4701	<i>transporte con motor</i>
	d4702	<i>Utilización de transporte público</i>
Lavarse	d5101	<i>Lavar todo el cuerpo</i>
Vestirse	d5402	<i>Ponerse calzado</i>

Fuente: Autor

Tabla 2. *Relación de actividades diarias con la articulación Tobillo.*

7.2.2 **Desarrollo de entrevista semi-estructurada para pacientes y especialistas.**

El trabajo de campo se llevó a cabo bajo la solicitud de acceso a empresas prestadoras del servicio de salud en REHABILITACIÓN de la ciudad de Cali, como lo fueron *Escuela del deporte, Escuela de Rehabilitación Humana SERH, Centro de rehabilitación María Isabel Mejía*; con ello se buscaba tener acceso a datos de pacientes en proceso de rehabilitación que hubieran sufrido lesión de tobillo independiente del tipo lesionar y en esta medida identificar los tipos de rehabilitación y protocolos que se llevan a cabo en la práctica por el especialista.

Se llevó a cabo una entrevista **semi-estructurada** (ver anexos 2), aplicada a pacientes en proceso de rehabilitación, a personas que ya han pasado por un proceso de rehabilitación de tobillo y especialistas de la salud (*fisioterapeutas, terapeuta ocupacional*), que permitiera el dialogo fluido con el paciente y el especialista; esté

formato de entrevista fue desarrollado anteriormente por estudiantes de las áreas de ingeniería mecánica y diseño industrial, al cual, se le hizo modificaciones con respecto al área que el proyecto enfoca. Se desarrollaron tres tipos de entrevistas independientes una de otra: (*paciente, especialista y paciente recuperado*). La recolección de información se expresará en matrices en las que se clasifica y organizan los datos cuantitativos y cualitativos útiles para el desarrollo de requerimientos de diseño.

La entrevista semi- estructurada consta de 18 preguntas para paciente en proceso de recuperación; para recuperados consta de 24 preguntas; para especialista consta de 20 preguntas. Y todos los formatos consta de dos preguntas adicionales referentes al proyecto general de investigación el cual tiene que ver con la aplicación de tele operación para dispositivos de rehabilitación.

Objetivos de los Instrumentos

En el ***paciente***, se busca identificar respuestas de satisfacción durante el procesos de rehabilitación, además del tipo de lesión, alcances de actividades diarias, percepción de protocolos y equipos, cumplimiento de deberes.

En el ***Especialista***, se buscaba identificar respuesta de aplicación, proceso y ejecución de protocolos, tipo de lesione de tobillo más frecuente, cumplimiento de deberes, canales de comunicación (paciente/especialista).

En el ***Paciente recuperado***, se buscan respuestas de satisfacción en relación a la experiencia con el proceso, percepción de protocolos, equipos, alcance de restricción de movimiento en relación con AVD.

7.2.3 **Determinar condiciones de operación dadas por el grupo de investigación, estado del arte.**

Esta subdivisión también se desarrolla bajo fundamentos teóricos, que gira en torno a una matriz descriptiva del estado del arte y la técnica empleada como metodología para el desarrollo de la investigación, a la que se llamó **Matriz de decisión de Aspectos Técnicos** (ver anexos 1), esta lleva la síntesis de los aspectos seleccionados los cuales se han escogido bajo los criterios del trabajo interdisciplinar en el proyecto, en ella se visualiza las variables y determinantes expuestas en el marco conceptual, sometiendo así, la revisión bibliográfica y trabajo de campo a resultados de comprobación (fig.12).



Fuente: Autor

Figura 10. Estado del arte.

Seguidamente se hace un análisis del estado del arte y la técnica para categorizar aspectos relevantes y comunes; Para el desarrollo de esta etapa se genera una búsqueda bibliográfica que clasifica instrumentos correspondientes a la rehabilitación de tobillo, son elegidas porque cumplen inicialmente con la búsqueda bibliográfica, al ser seleccionadas se exponen a criterios de clasificación bajo evaluación, correspondientes a aspectos técnicos y formales, funcionales **Matriz de decisión de Aspectos Técnicos** (Ver Anexos I.)

Criterio de selección	Resumen aspectos
Tipos de Terapia	Tipos de Movimientos
	Rango de Movimiento
Complejidad mecánica	Torque
	Mecanismo
	Velocidad
	Aceleración
	Instrumentación
	Manufacturabilidad
	Materiales
	Proceso de producción
Tamaño/peso/ portabilidad	Mantenimiento
	Peso [Kg]
	Dimensiones [m]
	Portabilidad
Seguridad/ restricción	Restricción de Mvto
	Seguridad
Diseño	Estético Formal
	Impacto de uso de la máquina
	Postura para la Terapia
Confort (Ergo. y Antro.)	Tipo de contacto: músculo/mecanismo
	Ajuste Dimensiones
	Confort Térmico
	Impresión Táctil
	Sonido
	Antropometría
	Color
Percepción	Impacto de uso de la máquina
	Percepción de seguridad

Fuente: Autor

Tabla 3. Convenciones de Matriz de Ponderación.

Una vez diligenciada y evaluada la matriz de decisiones se procede a determinar bajo cuales aspectos de categorización unos productos cumplen mejor o no los criterios de selección, estos criterios se miden en relación al trabajo ya realizado con anterioridad donde se caracteriza la articulación, la lesión, la rehabilitación y muy importante en la matriz de decisión aspectos formales de función (*fig. 11*); tenido en cuenta ello se

procede a desarrollar una matriz de ponderación en la cual se seleccionan los que cumplan con la totalidad de criterios (*Tabla 3*).

La ponderación se mide con el puntaje Máximo (10) y mínimo (0); el peso porcentual es asignado según los intereses (paciente/Especialista); esta tabla permite una selección mucho más específica de los dispositivos, en este caso se tiene en cuenta para el resultante del proyecto los criterios a los que se les denomino mayor porcentaje, ya que son criterios indispensable que arroja el trabajo de campo y necesarios para el resultado de interés para este proyecto.

Criterio de selección	Peso [%]	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5	Dispositivo 6
Tipos de Terapia	20	6,66	10	6,66	6,66	6,66	10
Complejidad mecánica	14	4	3	8	4	6	10
Tamaño/peso/portabilidad	18	1	6	8	6	8	10
Seguridad/restricción	15	10	4	6	4	8	5
Diseño	10	8	2	6	2	10	2
Confort (Ergo. y Antro.)	13	8	3	6	3	10	6
Percepción	10	7	2	7	2	10	4
Total	100	6,112	4,89	6,872	4,362	8,112	7,33

Fuente: Autor

Tabla 4. *Ponderación de selección del estado de la técnica*

Este análisis de matriz nos permite llegar a una selección con mayor especificidad en criterios de búsqueda e información indispensables para el resultado del proyecto.

7.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS *(Etapa 3)*

Los resultados del proyecto giran en torno al desarrollo del *Trabajo de Campo* (etapa 2), resultados obtenidos bajo aplicación de las tres subdivisiones anteriormente mencionadas en esta etapa (*Caracterizar, desarrollo, determinar*), en ella se visualizan las variables y determinantes expuestos en el marco conceptual, sometiendo así, la revisión bibliográfica y trabajo de campo a resultados de comprobación.

Los resultados de dicho trabajo giran en torno al producto de una matriz descriptiva empleada como metodología para el desarrollo de la investigación la cual contiene la descripción de cada uno de los aspectos requeridos para el desarrollo del proyecto.

Matriz de decisión, Tabla de criterio de selección, tabla de ponderación, Tabla de las AVD, Tabla de entrevista cuantitativa, tabla de entrevista cualitativa, tabla de conclusiones de entrevista, requerimientos de diseño.

A continuación se presenta el análisis y resultado de las tablas teniendo en cuenta las variables y determinantes requeridos para el desarrollo de este proyecto.

7.3.1 Análisis de Matriz de decisión de Aspectos Técnicos.

Para el desarrollo de esta etapa se genera una búsqueda bibliográfica que clasifica seis (6) piezas, que responden a la rehabilitación de tobillo, son elegidas porque cumplen inicialmente con la búsqueda bibliográfica, al ser seleccionadas se exponen a criterios de clasificación bajo evaluación, correspondientes a aspectos técnicos y formales, funcionales; *esta matriz hace parte de los anexos por la extensión de la misma (Ver Anexos I.)*

Para el desarrollo de la matriz se tienen en cuenta criterios de evaluación acordes con las necesidades del proyecto, cada punto de estos describe características de la máquina.

1. Máquina	12. Tipo de contacto: músculo/mecanismo	23. Manufacturabilidad	34. Sonido
2. Imagen	13. Movimientos	24. Materiales	35. Estético Formal
3. Lugar de Desarrollo	14. RoM	25. Proceso de producción	36. Color (cromoterapia/señalética)
4. Año de última publicación	15. Velocidad	26. Seguridad	36. Impacto de uso de la máquina
5. Modelo Máquina	16. Aceleración	27. Teleoperación Geográfica Local	37. Percepción de seguridad
6. Objetivo de la Máquina	17. Peso [Kg]	28. Teleoperación Geográfica Distribuida	38. Forma= Sistema de Objetos
7. Costo/Producción	18. Dimensiones [m]	29. Valoración	39. Antropometría
8. Tipo de Terapia	19. Portabilidad	30. Mantenimiento	40. Funcionalidad
9. Posición de la Terapia	20. Estrategia de Control	31. Ajuste Dimensiones	41. Ciclo de vida
10. Torque	21. Instrumentación	32. Confort Térmico	42. Conclusiones
11. Mecanismo	22. Restricción de Mvto	33. Impresión Táctil	42. Bibliografía

Fuente: Autor

Tabla 5. Aspectos Técnicos y Formales evaluados en matriz de análisis de estado del arte

Evaluados los dispositivos se realiza una matriz de ponderación (*Tabla 4*), esta consiste en seleccionar los dispositivos que cumplan con los aspectos técnicos y formales evaluados en la **matriz de decisiones**, tomando en cuenta los intereses del usuario principal (*paciente*) y secundario (*Profesional de la salud*).

7.3.2 Análisis de Dispositivos seleccionados por evaluación de ponderación.

La ponderación se mide con el puntaje Máximo (10) y mínimo (0); el peso porcentual es asignado según los interés (paciente/Especialista); así, se determina que las Máquinas **1, 3 y 5** cumplen en mayor medida los aspectos determinantes para la rehabilitación de tobillo.

Criterio de selección	Peso [%]	Máquina 1	Máquina 2	Máquina 3	Máquina 4	Máquina 5	Dispositivo 6
Tipos de Terapia	20	6,66	10	6,66	6,66	6,66	10
Complejidad mecánica	14	4	3	8	4	6	10
Tamaño/peso/portabilidad	18	1	6	8	6	8	10
Seguridad/restricción	15	10	4	6	4	8	5
Diseño	10	8	2	6	2	10	2
Confort (Ergo. y Antro.)	13	8	3	6	3	10	6
Percepción	10	7	2	7	2	10	4
Total	100	6,112	4,89	6,872	4,362	8,112	7,33

Fuente: Autor

Tabla 4. Ponderación de selección del estado de la técnica

7.3.3 Análisis de Dispositivos con mayor porcentaje



El Dispositivo con mayor porcentaje fue la **máquina cinco** (Tabla 4), con el mayor porcentaje en calificación, logrando el mayor porcentaje en confort, percepción y diseño, características que van muy ligadas al usuario; estructuralmente es adaptable algo que la hace mucho más funcional en relación a las otras dos, además de su capacidad de portabilidad.

Los otros dos modelos aunque tiene buenos porcentajes en relación a las otras se podría decir que:

Máquina 1, A pesar de contar con los objetivos de la máquina como ejes y alcances de movilidad en el tobillo, no cumple otros como la portabilidad y complejidad mecánica, aspectos relevantes para el proyecto a desarrollar, además de ser robusta y de compleja manipulación.

Máquina 3, tiene la desventaja con la máquina 1, es que no es adaptable a la posición de terapia, pero tiene aspectos relevantes en relación a la otra es que su complejidad mecánica y estructural es mucho mejor.

7.3.4 *Análisis de Instrumentos de Investigación.*

Con el fin de tener una aproximación más cercana con el problema se diseña una entrevista semi- estructurada (*ver anexo 2*), para aplicar a pacientes recuperados y en proceso de recuperación y profesionales de la salud; se aplicó a cuatro especialistas de la salud y tres pacientes, uno recuperados y dos en proceso de recuperación, el análisis de las entrevistas nos permite resultados cualitativos y cuantitativos.

- ***Resultados de aspectos cuantitativos***

Estos datos nos arrojan resultados indispensables para el proyecto, en aspectos tales como tipo de lesión, grado de discapacidad, características de paciente (*Tabla 6 y 7*), estos datos nos permiten ir a la base teórica e identificar procesos, rangos y rehabilitación que se debe llevar a cabo.

PACIENTES	NOMBRE		Edad [años]	Peso [Kg]	Estatura [cm]	TOBILLO LESIONADO		GRADO	OCUPACIÓN
						D	I		
Actuales	1	Esthefania Estupiñan paredes	22	50	150		X	Esguince I	Estudiante Universitario
Recuperados	1	David Salazar	22	74	171		X	Esguince	Estudiante Universitario
	1	Diego	36	70	163		X	Esguince II	Desarrollador de proyectos

Fuente: Autor

Tabla 6. Aspectos cuantificables de entrevista paciente

Profesional	Nombre	Ocupación	Lesión más tratada	INSTITUCIÓN
1	Victoria Cifuentes	Practicante Fisioterapeuta	Esguince Tobillo grado I,II	Escuela del Deporte
2	Sebastian Guarnizo	Practicante Fisioterapeuta	Esguince Tobillo grado I,II	Escuela del Deporte
3	Marcela Collazos	Practicante Fisioterapeuta	Esguince Tobillo grado I,II	Escuela del Deporte
4	Sirley	FISIOTEREPEUTA	Esguince Tobillo grado I,II	Centro de Rehabilitación Mría Isabel Mejía

Fuente: Autor

Tabla 7. Aspectos cuantificables de entrevista profesional de la salud

- **Resultado de Aspectos cualitativos**

Estos resultados permitieron la recolección de discursos, transcritos a una matriz de resumen de tipo cualitativo, esto con el fin de proceder seguidamente a su interpretación como sustentación a la problemática planteada (*ver anexos 3*), con ello se logra identificar características necesarias para el cumplimiento de requerimientos de diseño deseado, además del cumplimiento de criterios de selección como lo son el (*tipo de terapia, la seguridad y confort*).

- **Conclusiones de entrevista semi -estructurada especialista.**

ESPECIALISTA	
Característica	Conclusión
Protocolo	Se lleva a cabo una valoración del paciente para fijar unos objetivos y en relación a esta evaluación aplicar condiciones específicas del protocolo estándar; que consiste primero en la disminución del dolor e inflamación, recuperación de los arcos de movimiento, fortalecimiento y mejora de la respuesta nerviosa.
Comunicación	El especialista comunica al paciente el ejercicio que se llevará a cabo y en la medida que se recupera este toma decisiones de aplicación pero siempre basados bajo un protocolo estándar.
Objetivos	Alcanzar el mayor rango de movimiento en relación a la marcha, visto que es la actividad que más se afecta.
Lesión Común	Esguince de tobillo grado (I - II)
Herramientas	Thera-band, Pelotas Propioceptivas, Máquinas de gimnasio.
AVD	Recuperar la marcha como actividad principal de desplazamiento.
Afinidad con el proyecto	Los especialistas están de acuerdo con que se utilice un dispositivo especializado en la rehabilitación de la articulación, primero porque no hay una máquina especializada en articulación de tobillo, y segundo porque la aplicación de protocolo puede ser más rápida y efectiva.
movilidad	La aplicación de movimientos en la rehabilitación se dan en relación a los rangos de movimientos básicos como lo son dorsi flexión, plantar flexión - inversión y eversión; que son los que permiten la recuperación de la marcha, los movimientos faltantes se fortalecen a medida que se aplican los ya mencionados.
Plan casero	El paciente dice aplicar planes caseros según lo recomendado por el especialista; sin embargo cuando este vuelve a la cita el especialista identifica poco progreso.

Fuente: Autor

Tabla 8. Resultado de Análisis Entrevista Semi-estructurada Especialista.

- **Conclusiones entrevista semi-estructurada paciente.**

PACIENTES	
Característica	Conclusión
Paciente	Personas jóvenes provenientes de la zona urbana en etapa laboral.
Protocolo	Se sigue con el mismo protocolo para todos los pacientes después de una valoración
Comunicación	Los pacientes llevaron a cabo actividades adicionales propuestas por el especialista sin embargo no tenían conocimiento del protocolo seguido.
Satisfacción	Los pacientes se sienten satisfechos con el sólo hecho de ya no sentir dolor; razón por el cual no vuelve a terapia.
Lesión	Esguince de tobillo en etapa no crítica (I Y II)
Herramientas	Elementos básicos que permitían fortalecer y mejorar la movilidad de la articulación
AVD	La actividad más afectada en el paciente es la marcha
Afinidad con el proyecto	Los pacientes están de acuerdo con que se utilice un dispositivo especializado en la rehabilitación de la articulación.

Fuente: Autor

Tabla 9. Resultado de Análisis Entrevista Semi-estructurada Paciente

7.3.5 análisis de funciones y grados de movilidad del tobillo

La lesión de tobillo es una discapacidad que restringe la realización de las actividades de la vida diaria esencialmente las de movilidad funcional (*véase caracterización de la lesión en tobillo*) al considerarse el tobillo una articulación mecánica necesaria para

la marcha, capaz de ajustarse a cualquier superficie (*véase en caracterización de la marcha*), el análisis de estas caracterizaciones permite la obtención de datos relevantes para el proyecto como lo es la cinemática de la articulación, los ejes que determinan su funcionalidad rangos y ángulos de movimiento y actividades esenciales de la articulación en relación a las AVD.

Para resultado de este análisis se tiene en cuenta la (Tabla 1 *Cuadro comparativo de biomecánica del tobillo*), la comparación entre movimientos anatómicos del tobillo Vs movimientos del tobillo en el desarrollo de las AVD, en ella se establecer relaciones de similitud, del cual se obtienen los grados de movilidad necesarios en función a las AVD.

Movimiento Articulación	Movimiento Anatómico [°]	Movimiento o AVD [°]
Flexión Plantar	55	14
Flexión Dorsal	35	20
Eversión	17	5
Inversión	30	10

FUENTE: Autor

Tabla 10. Grados de Movilidad

7.3.6 **Análisis de Relación de actividades diarias con la articulación Tobillo.**

Para identificar las actividades de la vida diaria en un sujeto con discapacidad transitoria de tobillo se llevó a cabo una revisión bibliográfica del documento de la **CIF** (*clasificación internacional de funcionamiento, de la discapacidad y de la salud*), esta información es aplicada a una matriz descriptiva que muestra cuidadosamente la selección de las principales actividades en las que interviene el tobillo como

articulación, las cuales son elegidas en relación a la lesión de tobillo en condición de desarrollo de habilidades, de este modo solo se seleccionan las más pertinentes a la movilidad de la articulación (*Tabla 2*).

Resultados teniendo en cuenta las **AVD**

El análisis de esta matriz permite revalidar los datos anteriores a las matrices, identificando con mayor claridad el nivel de deterioro de bienestar, que puede presentar un paciente y de este mismo modo identificar los tipos de movimientos a recuperar teniendo en cuenta habilidades de desarrollo individual.

				MOVIMIENTOS DEL TOBILLO					
ACTIVIDADES Y PARTICIPACIÓN	TIPO DE ACTIVIDAD	Código CIF	ACTIVIDADES DIARIAS	Flexión	Extensión	Inversión	Eversión	Abducción	Aducción
Movilidad	Cambiar y mantener la posición del cuerpo	d4104	Permanecer de pie	X					
		d4350	Empujar con las extremidades inferiores	X	X	X	X	X	X
		d4351	Dar patadas/patear	X	X	X	X	X	X
	Andar y moverse	d4501	Andar distancias largas	X	X	X	X	X	X
		d4502	superficies	X	X	X	X	X	X
		d4452	Correr	X	X	X	X	X	X
		d4553	Saltar	X	X	X	X	X	X
	Desplazarse utilizando medios de transporte	d4701	transporte con motor	X	X	X	X	X	X
		d4702	Utilización de transporte público	X	X	X	X	X	X
Autocuidado	Lavarse	d5101	Lavar todo el cuerpo						
	Vestirse	d5402	Ponerse calzado	X	X	X	X	X	X

Fuente. Autor

Tabla 11. *Relación de actividades diarias con la articulación Tobillo 2.*

Esta tabla nos muestra que en cualquier nivel de lesión los movimientos del tobillo se ven afectados y en su medida el nivel de actividad y participación como lo determina la **CIF**.

8. REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

Para la formulación de los requerimientos fue necesario tener en cuenta todo el análisis mencionado anteriormente sintetizado bajo cuatro pasos metodológico, lo cual determino la configuración y propuesta de ellos. Los requerimientos se dividen en tres categorías rectoras que los hacen determinantes para las áreas interdisciplinarias que se trabajan en el proyecto, ver ejemplo de una aproximación a la tabla de requerimientos (tabla 12).

CATEGORIAS	Requerimiento	Descripción	Propuestas conceptuales	Usuario	REQUERIMIENTO
MOVIMIENTO	Trabajar los 4 movimientos principales de la articulación del tobillo.	El sistema debe permitir rehabilitar los principales movimientos []	Cadenas cinemáticas con 2 GDL	Paciente Especialista	Trabajar los 4 movimientos principales de la articulación del tobillo.
	Trabajar dentro del rango de ángulos para las AVD	La máquina debe funcionar por lo menos con los rangos de movilidad de las AVD []	Actuadores que giren al menos 180°	Paciente	Trabajar dentro del rango de ángulos para las AVD
	Rangos de velocidad regulables; MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD DEFINIDA POR EL PROTOCOLO	El sistema deberá realizar los ejercicios a una velocidad de 50 a 150°/min Rango de velocidad tomado de []	Programación y sistemas de transmisión de potencia	Paciente Especialista	MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD de 50 a 150°/min

Fuente. Autor

Tabla 12. Breve descripción de los requerimientos.

Están dispuestos en cuatro categorías rectoras, que a su vez se subdividen en subcategorías (ver anexos 4):

1. FUNCIONAL: Movimiento, Posición Terapia, Evaluación Paciente.

2. ESTRUCTURAL: Manipulación:(Portabilidad, Uso); Mantenimiento, Construcción.

3. CONFORT: Percepción (Formal/Estético; Funcional/Estética).

4. SEGURIDAD: Terapia (*Componentes, Sistemas*).

Como se puede ver en la tabla (*ver anexos 4*), cada requerimiento cumple con una necesidad las cuales fueron previstas en el trabajo de campo, análisis de matrices y conclusión de entrevistas, que en esta tabla se traducen a verbos.

- Con análisis de la matriz de decisiones, evaluación de aspectos técnicos y la matriz de ponderación expuesta anteriormente, fue posible obtener requerimientos tanto funcionales, de estructura, seguridad y confort.
- El análisis de las tablas del trabajo de campo con pacientes y especialistas permitieron determinar requerimientos de tipo formal y de confort con el fin de que la máquina contara con todos los aspectos de la experiencia con el usuario.
- El análisis de la matriz AVD, fue elaborada con el fin de determinar aspectos de movimientos del tobillo a recuperar, plantar/flexión, dorsi/flexión, inversión y eversión.

Para el desarrollo de la propuesta también existió la necesidad de tener en cuenta las medidas antropométricas de la población colombiana, para ello se hizo una revisión bibliográfica del documento ***“Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995”***, del cual se logró determinar las siguientes medidas indispensables para el desarrollo del diseño, estas medidas se escogieron según el ***percentil 95*** que tiene en cuenta la medida extrema, se diseñó teniendo en cuenta valores medios, esto con el fin de que sea una elemento de uso continuo por varios usuario.

Se tiene en cuenta aspectos como:

- Postura de los usuarios para la determinación de las dimensiones antropométricas.
- Determinación del porcentaje de la población a ser atendida.
- Se tiene en cuenta el tipo de vestimenta o zapato utilizados, que influyen en el dimensionamiento de los productos y de los puestos de trabajo.

Medidas antropométricas evaluadas	Valor					
	Mujeres	Mujeres	Hombres	Hombres	Diseño	
	Percentil 5	Percentil 95	Percentil 5	Percentil 95	mínimo	máximo
Masa Corporal [Kg]	46,7	77	53,7	87,9	46,7	87,9
Estatura [cm]	146,7	166,2	158	179,3	146,7	179,3
Altura muslo (Sentado) [cm]	12,1	16,5	12,9	17,1	12,1	17,1
Altura rodilla (Sentado) [cm]	44,7	52,5	48,2	56,6	44,7	56,6
Altura Fosa Poplit, (Sentado) [cm]	35,1	42	38,6	46,2	35,1	46,2
Anchura caderas [cm]	32,6	42,6	30,9	39,2	30,9	42,6
Achura de rodilla [cm]	8,3	10,5	8,8	10,7	8,3	10,7
Anchura del tobillo [cm]	6	7,1	6,8	8	6	8
Anchura del talón [cm]	5,4	7	6	7,6	5,4	7,6
Anchura del pie [cm]	8,2	10	9	10,9	8,2	10,9
Largura Nalga a Fosa Poplitea [cm]	42	50,4	42,7	50,9	42	50,9
Largura nalga a Rodilla [cm]	51	59,5	52,7	61,3	51	61,3
Largura del pie [cm]	21,3	24,7	23,2	27,3	21,3	27,3
Largura planta del pie [cm]	17,2	20	18,7	22	17,2	22
Perímetro Rodilla Media [cm]	31,4	40,5	32,9	40,6	31,4	40,6
Perímetro Pierna media [cm]	30,4	39,2	31,7	40,2	30,4	40,2
Perímetro Tobillo [cm]	18,5	23,2	19,7	24,2	18,5	24,2
Perímetro metatarsial [cm]	20,5	24,5	22,8	26,9	20,5	26,9

Fuente. Autor

Tabla 13. ESTRADA Jairo “Parámetros antropométricos de la población laboral colombiana 1995”.

Teniendo en cuenta ello seleccionamos las medidas que van acorde con nuestro proyecto (*medidas resaltadas en la tabla 13*) aplicadas al desarrollo de propuesta.

El análisis conceptual de las variables que abordan la problemática de accesibilidad a la salud da una finalidad esencial para el desarrollo de la propuesta, definidas en el grupo de investigación en el cual se desarrolló el proyecto; que es ofrecer a los profesionales de la salud y a los pacientes una Unidad de Rehabilitación de Movimiento activo y pasivo, monitoreado a distancia mediante conexiones de redes informáticas; principalmente para el uso en zonas de acceso remoto.

Teniendo en cuenta los requerimientos planteados, proseguimos al esbozar un chequeo de tareas que permite al sistema diseñado, cumplir con finalidades planteadas en el grupo de investigación y dirigidas por el director de proyecto, la cual consiste en el monitoreo a distancia, servicio aplicado a sistemas tele operados que se proyecta con la aparición de la ley 1419 de 2010, referentes a la ampliación de cobertura, de este modo el propósito del grupo de investigación es proponer servicios aplicados a poblaciones vulnerables como lo abordan las variables.

Para el cumplimiento de ello se llevó a cabo un paso a paso de las acciones a las que debe ser sometido el sistema; teniendo claridad de actores responsables del sistema de rehabilitación, son mapas de esquema que describen cada una de las acciones a las que puede verse expuesto el sistema, teniendo en cuenta sus actores y posibles eventualidades en el proceso de rehabilitación tele operado (*ver anexos 5*).

9. PROPUESTA DE DISEÑO

El diseño de unidad de movimiento para la rehabilitación de tobillo, es un sistema resultante de la aplicación de los análisis del trabajo de campo; lo cual se ajusta a los requerimientos determinados por los análisis de resultado y a un marco conceptual que identifica dificultades en el sistema de salud en relación a la asistencia del servicio médico por razones de accesibilidad y cobertura del sistema; de tal modo que los requerimientos de diseño se orientan a tres actores dependientes de la rehabilitación (*paciente, especialista, auxiliar*); La función principal del rehabilitador de tobillo es proporcionar al usuario alcances de movilidad óptimos, con la capacidad de ser monitoreado a distancia.

DESARROLLO DE UNIDAD DE MOVIMIENTO PARA REHABILITACIÓN DE TOBILLO QUE PERMITE ALCANCES DE MOVILIDAD ÓPTIMOS PARA EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES DE LA VIDA DIARIA Y LOGRA VENCER BARRERAS DE ACCESIBILIDAD AL SERVICIO DE SALUD.



Fuente: Autor

Figura 11. *Diseño de Máquina para Rehabilitación de Tobillo.*

9.1 Atributos de la unidad de movimiento:



Fuente: Autor

Figura 12. *Diseño de Máquina para Rehabilitación de Tobillo diferentes vistas.*

La unidad de movimiento para rehabilitación de tobillo tiene la propiedad de ser monitoreado por tele operación. Cuenta con mando manual, que permite al especialista o auxiliar, controlar las propiedades de funcionamiento con respecto al protocolo que esté llevando a cabo; cuenta con partes móviles de graduación que permite su adaptación a diferente tipo de posición terapia, a diferencia de las máquinas evaluadas en la matriz de las *Kinetec Brevia* (máquina ganadora en la ponderación). Se presenta un sistema dividido en dos módulos, uno **estructural** y otro **funcional**, para su mayor comprensión.

Aplicación de requerimientos a la propuesta de diseño.

	CATEGORIAS	Requerimiento	Descripción de la propuesta para REQUERIMIENTO															
FUNCIONAL	MOVIMIENTO	Trabajar los 4 movimientos principales de la articulación del tobillo.	El sistema permitir rehabilitar los principales movimientos (flexión extensión) (Inversión Eversión) Por medio de un riel en forma de U, sobre el cual gira el motor.															
		Trabajar dentro del rango de ángulos para las AVD <table><tr><th>Movimiento Articulación</th><th>Movimiento Anatómico [°]</th><th>Movimiento AVD [°]</th></tr><tr><td>Flexión Plantar</td><td>55</td><td>14</td></tr><tr><td>Flexión Dorsal</td><td>35</td><td>20</td></tr><tr><td>Eversión</td><td>17</td><td>5</td></tr><tr><td>Inversión</td><td>30</td><td>10</td></tr></table>	Movimiento Articulación	Movimiento Anatómico [°]	Movimiento AVD [°]	Flexión Plantar	55	14	Flexión Dorsal	35	20	Eversión	17	5	Inversión	30	10	La máquina funciona dentro de los rangos de movilidad de las AVD; Se eligió un motor eléctrico DC que pudiera suplir la generación de torque de la articulación del tobillo, el cual es suficiente para vencer el torque que ejerce la articulación del tobillo 6Nm; (Ver capítulo de propuesta de diseño).
		Movimiento Articulación	Movimiento Anatómico [°]	Movimiento AVD [°]														
		Flexión Plantar	55	14														
		Flexión Dorsal	35	20														
		Eversión	17	5														
	Inversión	30	10															
Rangos de velocidad regulables; MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD DEFINIDA POR EL PROTOCOLO	Se eligió un motor eléctrico DC con transmisión WSM3-IK de Bosh. (Ver especificación de actuadores).																	
Desarrollar movimientos de terapia activa y pasiva	Que permite MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD de 50 a 150°/min, permitiendo la ejecución de terapia activa y pasiva.																	
Evitar sobresaltos dentro del movimiento	Para el control de movimiento se seleccionó una plataforma de hardware libre como la placa Arduino que facilita la integración con los demás circuitos. Su integración con el micro controlador ATmega 1280 y su facilidad para la programación y comunicación con el PC destacan dentro de sus características que además por su procesamiento soporta la compleja tarea de controlar el mecanismo.																	
Iniciar y finalizar movimiento en una posición segura.																		
POSICIÓN TERAPIA	Aplicar protocolo para posición sedente y cúbito.	Estructura se adapta a la posición sedente, permitiendo la mejor aplicación de protocolo, a través de articulación prismática, la cual posibilita el ajuste de altura del apoyo de la fosa poplíteica con respecto al suelo; se logra a través de ajustes discretos y continuos por medio de agujeros en formación lineal sobre una barra deslizante que se ajusta al rango de medida deseado; de una altura A a una altura B. (Ver figura 18).																

	EVALUACIÓN PACIENTE	<p>Medir la evolución del paciente durante el proceso.</p> <p>Registrar la evolución del paciente.</p>	<p>Con el uso del Arduino se escogió el driver de potencia 50A Dual-Channel la cual es compatible con esta placa. Esta unidad permite dar potencia, controlar el sentido de giro y velocidad del motor. Para la medición angular del giro del motor se cuenta con un encoder a la salida del actuador.</p>
		<p>Almacenar</p> <p>Almacenar evolución del paciente.</p>	<p>Conexión a través de un puerto USB y comunicación inalámbrica.</p>
	INTERFAZ DE USUARIO	<p>Interfaz de hardware</p>	<p>Interfaz de hardware</p> <p>El control del mando se caracteriza por tener una pantalla de visualización necesaria para brindar información al auxiliar o el paciente, integrado con comunicación SPI para disminuir la cantidad de cables usados en el sistema.</p>
		<p>Interfaz de software</p>	<p>Se desarrolló una interfaz gráfica que permite al especialista configurar, monitorear y analizar el proceso de terapia del paciente. La interfaz cuenta con una serie de 4 paneles la cual se listan en la parte izquierda de la interfaz general AndiTherapy.</p>

ESTRUCTURAL	MANIPULACIÓN	Portabilidad	Portabilidad	<p>Portabilidad, se logra por medio de materiales livianos, aluminio, ABS, Peso < 11 [Kg] sugerido.</p> <p>Dimensiones antropométricas (tabla 13).</p>	
		Uso	Dimensiones antropométricas variables	<p>Sistemas modulares, ajustes discretos o continuos.</p> <p><i>Articulación prismática.</i></p>	
	MANTENIMIENTO		Fácil limpieza	Las piezas deben ser reutilizables	Aluminio, acero inoxidable fundido, acero inoxidable recocido, ABS.
	CONSTRUCCIÓN		Componentes estándares	El sistema cuenta con piezas de especificaciones técnicas estándares para facilitar su construcción	

CONFORT	PRECEPCIÓN	Formal/ Estético	Generar seguridad	La máquina cuenta con unos elementos de lenguaje visual formal, colores, textura, tamaño.	Color: Basado en las tonos fríos, se eligió el color azul porque inspira confianza, es un color pasivo; que viene bien para una acción de estrés y dolor como lo es la rehabilitación, es un color que inspira concentración. Los tonos blancos y grises: Permiten una relación de calma. Las piezas son de materiales resistentes, livianos, y acabados superficiales brillantes. La forma genera una relación de uso. La comodidad se logra a través de sus capacidad de uso variable, como de elementos indispensable para ello: <ul style="list-style-type: none">Felpa.Zapato.Control de Mando. De dimensiones no invasiva, pues se ajusta directamente al miembro afectado.
			provocar sensación de comodidad		
		Funcional /Estético	sensación agradable	Medidas antropométricas de la población colombiana y/o latinoamericana. Sistemas de adaptabilidad a diferentes medidas corporales.	
			que se sienta cómoda		
			fácil uso		
			no invasiva	Dimensiones ergonómicas y de confort.	

SEGURIDAD	TERAPIA	COMPONENTES	Seguridad térmica. Seguridad eléctrica. Materiales antialérgicos	Este requerimiento se logra a través de materiales resistentes, a eventualidades. Aluminio, acero inoxidable fundido, acero inoxidable recocido, ABS. Garantizar aislamiento eléctrico en cada uno de los componentes conductores Garantizar guardas en cada uno de los componentes mecánicos
		SISTEMA	Parada de emergencia	Interruptor. Programación del sistema Interrumpir terapia en caso de no ser segura para el paciente. Verificar componente mecánico.
			Chequeo de los componentes antes de arranque	
			Seguridad dentro del rango de movimiento	

Fuente. Autor

Tabla 14. Aplicación de requerimientos a la propuesta de diseño.

9.2 Módulo ESTRUCTURAL

La estructura base está diseñada para cumplir requerimientos de portabilidad y posición terapia, como estructura capaz de adaptarse a la posición sedente y de cúbito para la mejor aplicación de protocolo, según lo requiera el paciente; De este modo, su capacidad de ajustarse a las diferentes mediadas antropométricas lo hace un sistema de uso variable.

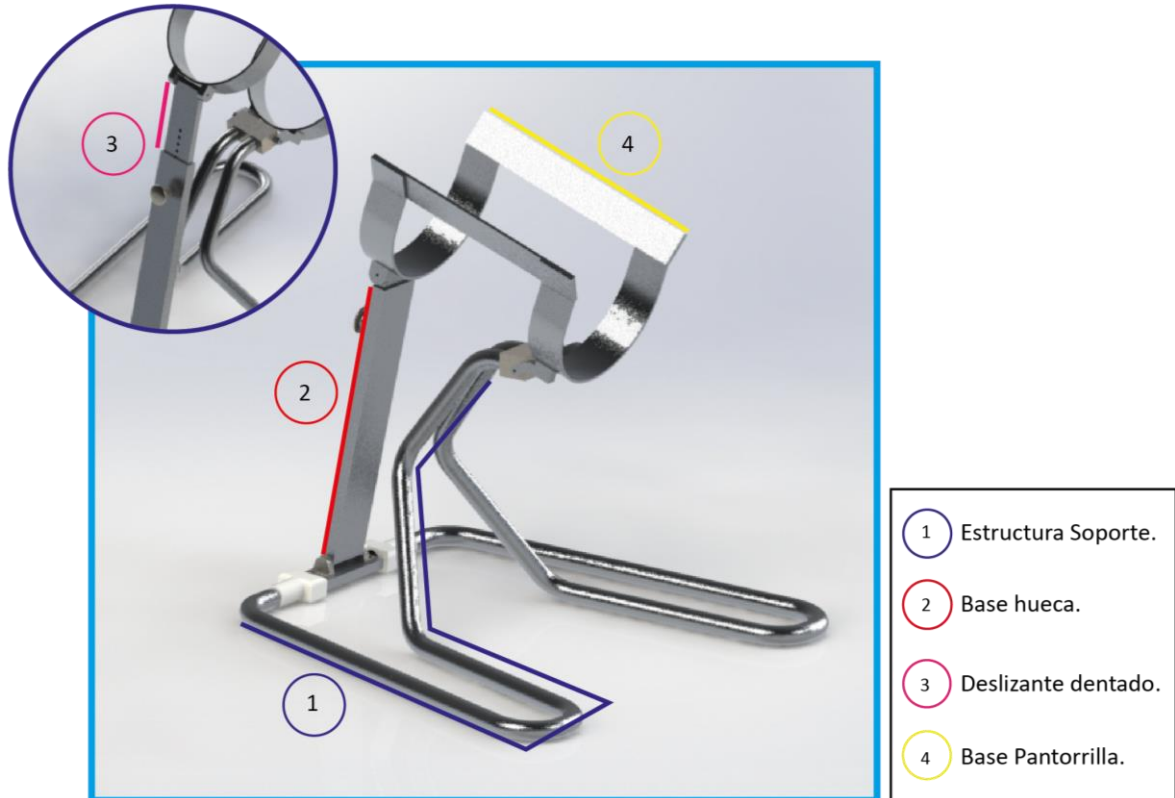


Fuente: Autor

Figura 13. *Estructura Base.*

- **Compuesto por cuatro elementos.**

Este módulo es un sistema compuesto de cuatro elementos, 3 articulaciones de tipo revolución y una prismática, que trabajando en conjunto permite el correcto funcionamiento de la máquina.



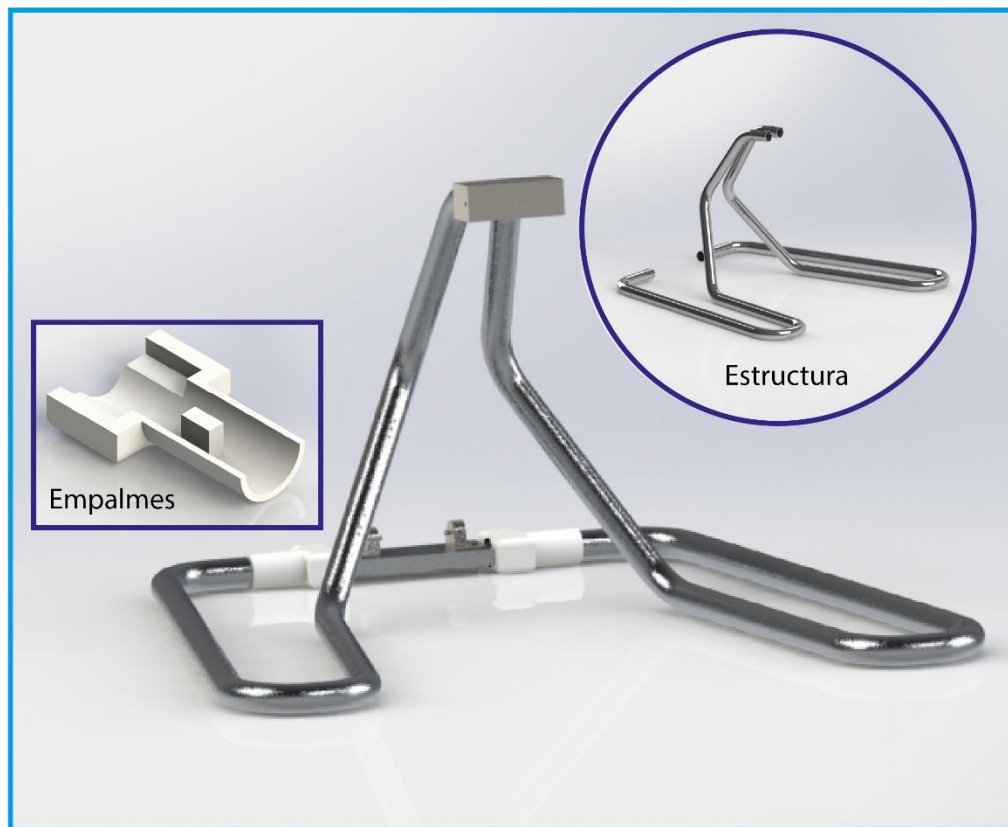
Fuente: Autor

Figura 14. *Componentes estructurales.*

1. Estructura Soporte:

La pieza estructural de soporte nace como requerimiento de las cuatro categorías rectoras, resultado del análisis de la matriz de aspectos técnicos y trabajo de campo; diseñada para cumplir requerimientos de adaptabilidad en relación a la posición

terapia, al tenerse en cuenta que la aplicación de protocolos de rehabilitación se presenta en posición sedente y de cubito, determinante que permitió el desarrollo de una estructura evaluada bajo mediadas antropométricas (tabla 12), su estructura tubular proporciona una percepción no invasiva para la relación ***paciente- máquina***, la cual se ajusta a las medidas ergonómicas y de confort, estructura diseñada como soporte de apoyo del mecanismo y cada una de sus piezas; su forma permite la adaptación a superficies irregulares teniendo en cuenta que también es para uso sedente. El material utilizado para esta pieza es aluminio con empalmes en material plástico ABS de alta densidad y características de resistencia mecánica, que permiten la unidad de las piezas.

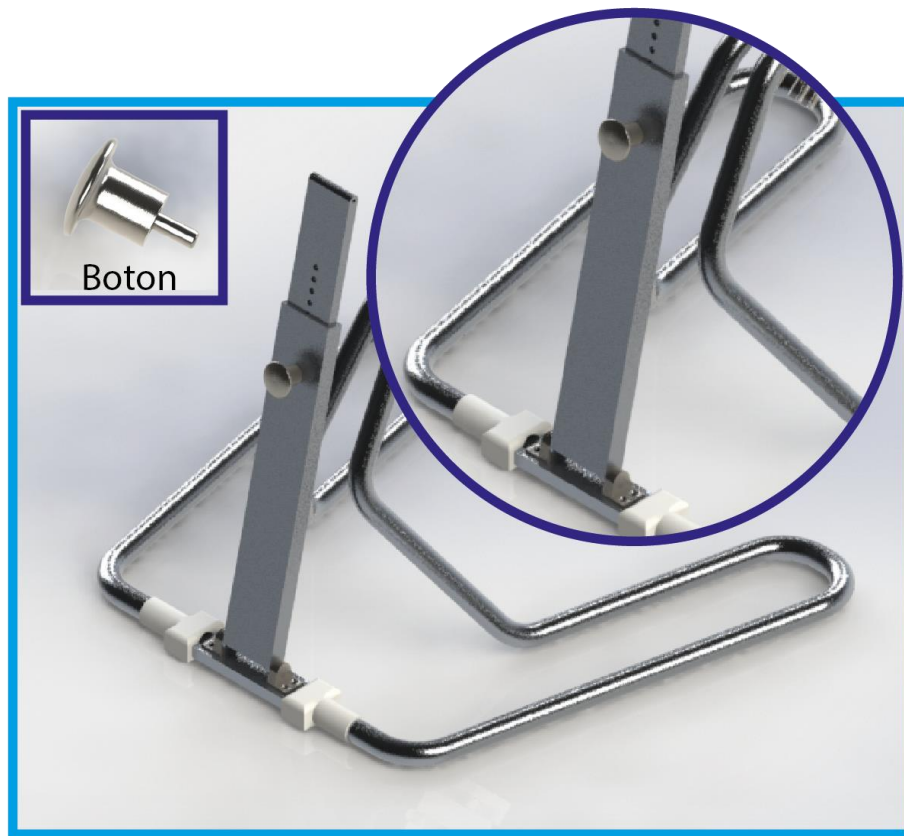


Fuente: Autor

Figura 15. *Estructura Soporte.*

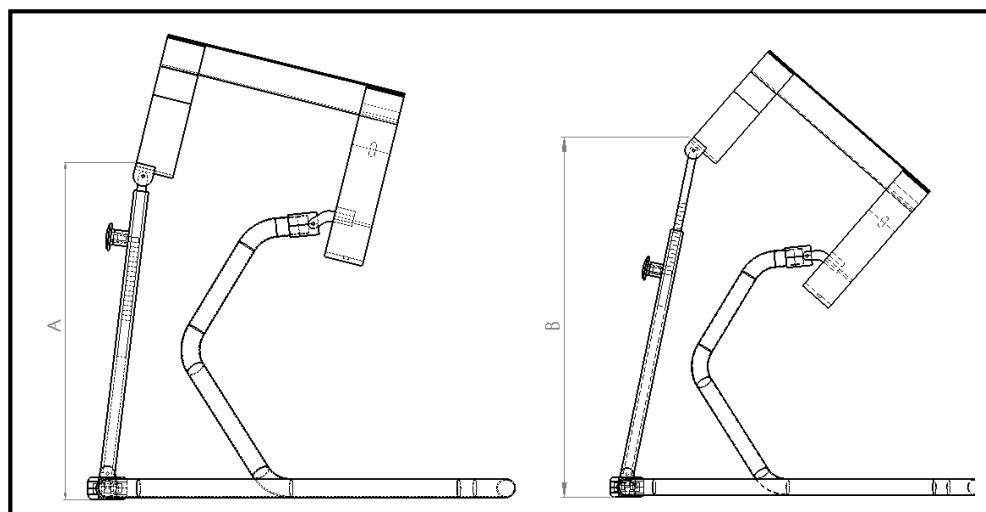
2. Articulación Prismática: (*Base Hueca- Base Dentada*).

Modularidad que se logra a partir con una **articulación prismática**, la cual posibilita el ajuste de altura del apoyo de la fosa poplíteas con respecto al suelo. Requerimiento que se logra a través de ajustes discretos y continuos por medio de agujeros en formación lineal sobre una barra deslizante que se ajusta al rango de medida deseado; de una altura **A** a una altura **B**, como muestra la (figura 18), correspondiente a una medida antropométrica determinada, la cual puede variar entre los **34-42 cm** respectivamente (tabla 12).



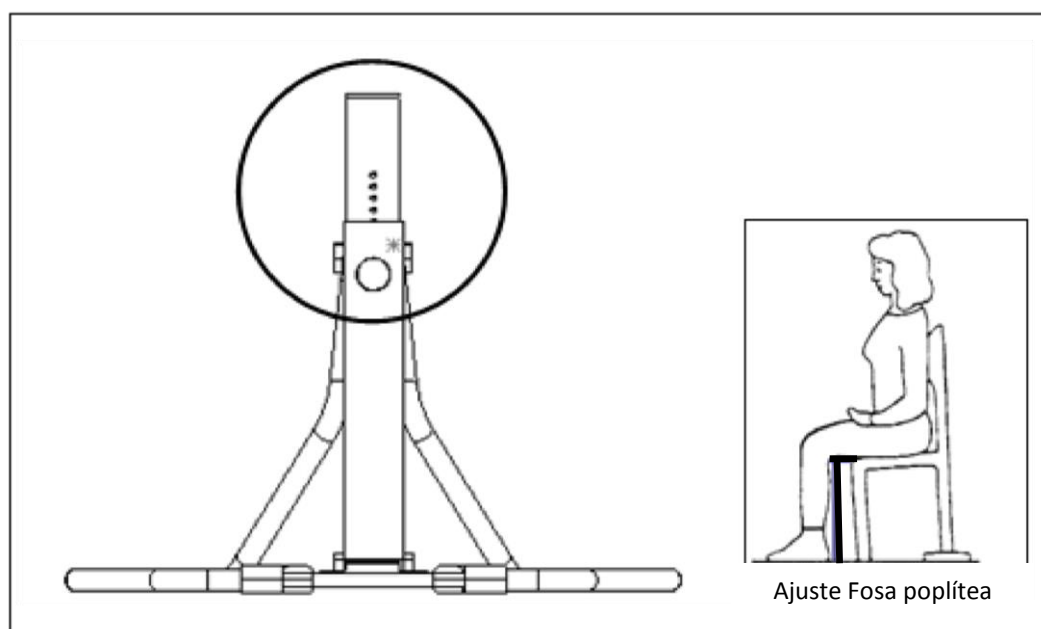
Fuente: Autor

Figura 16. Estructura Soporte.



Fuente: Autor

Figura 17. *Variable estructural.*



Fuente: Autor

Figura 18. *Articulación Prismática*

3. Base Pantorrilla:

Pieza que funciona como apoyo de la pantorrilla mientras se ejecuta el protocolo de rehabilitación, esta estructura se adapta a los movimientos debido a la sujeción de tipo revolución que presente en los extremos de la pieza, esta sujeción permite que la pieza se acomode a la altura ejercida por la articulación prismática (*Figura 18*). El material seleccionado para esta pieza es aluminio 1060, material escogido por su excelente resistencia a la corrosión, esto se tiene en cuenta debido a su uso variable de portabilidad, uso y mantenimiento.



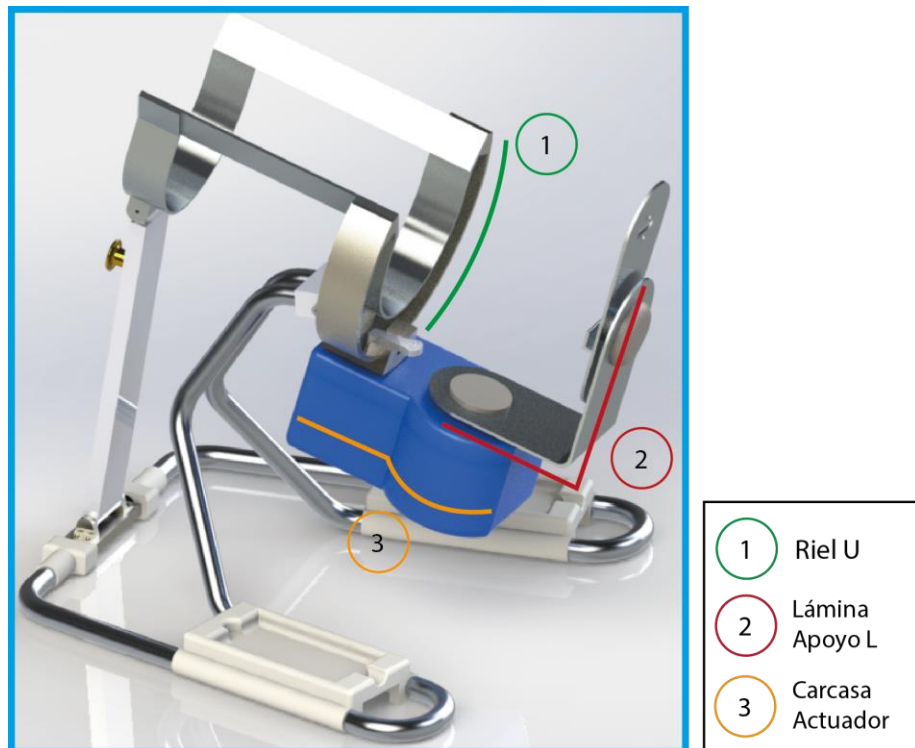
Fuente: Autor

Figura 19; Base Pantorrilla.

9.3 Modulo FUNCIONAL

Este módulo comprende un segundo sistema del diseño, se efectúa directamente en la etapa de terapia que consiste en los alcances de movilidad del tobillo, cuenta con un motor eléctrico que entrega su potencia directamente desde su eje, ejecución que se logra ajustando sus cuatro componentes estructurales y articulaciones, piezas diseñadas para lograr requerimientos funcionales en la subcategoría de movimiento.

Lo componen tres elementos, un riel en forma de U que permite la ejecución de la terapia; una L de apoyo para el pie que gira en torno al eje y plano en el que se desea rehabilitar tobillo y un motor eléctrico que suple la generación de torque de la articulación del tobillo (figura 21).



Fuente: Autor

Figura 20. *Componentes Funcionales*

1. Riel U:

El diseño de esta pieza es resultado de los requerimientos funcionales de la categoría de movimiento (*ver anexos 4*), en los que se determina solo dos grados de libertad a los que se llegó como resultado, producto de la caracterización del tobillo la cual identifica que el movimiento de este se produce principalmente en torno a dos ejes y dos planos:

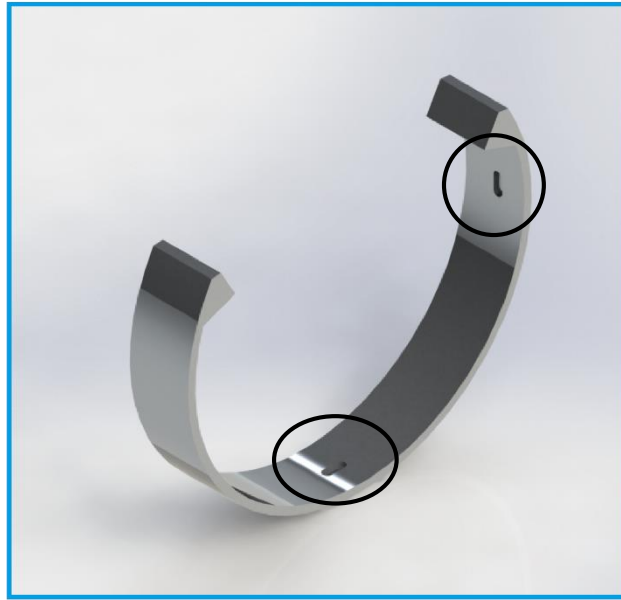
- **Flexión y Extensión, (Plano Sagita).**
- **Inversión y Eversión, (Plano frontal).**

Movimiento Articulación	Movimiento Anatómico [°]	Movimiento o AVD [°]
Flexión Plantar	55	14
Flexión Dorsal	35	20
Eversión	17	5
Inversión	30	10

Fuente: Autor

Tabla 15; Grados de movilidad AVD

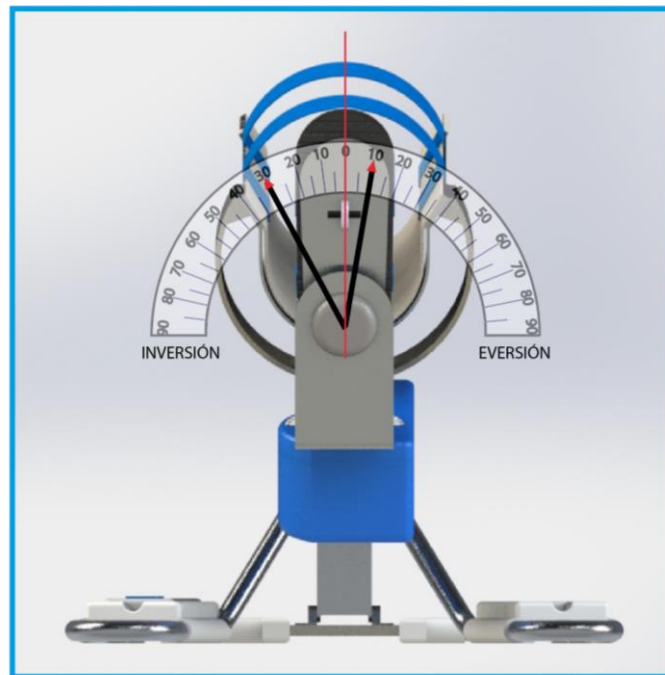
Ejes que son indispensables recuperar para el movimiento del pie durante la marcha, resultado que va en función del bienestar y del desarrollo de las habilidades del paciente. Teniendo en cuenta esto se desarrolla una pieza en forma de **U**, al que se le da función de riel sobre la cual gira el motor (figura 22).



Fuente: Autor

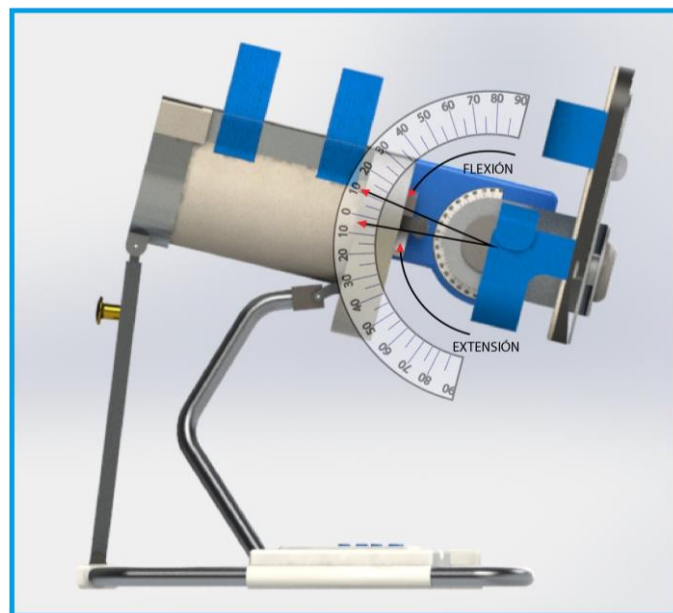
Figura 21. *Riel U.*

Esta pieza se ubica a la altura de la pantorrilla, sobre su eje se desplaza el motor, el cual se ubica dependiendo el plano en el que se desea llevar a cabo la terapia, cuenta con 3 perforaciones para graduar el eje de la terapia, el material seleccionado para esta pieza es acero inoxidable recocido, propiedades que no permitirán una fácil deformación de la pieza.



Fuente: Autor

Figura 22. *Ejes de Movimiento Inversión Eversión AVD*



Fuente: Autor

Figura 23. *Ejes de Movimiento Flexión, extensión AVD*

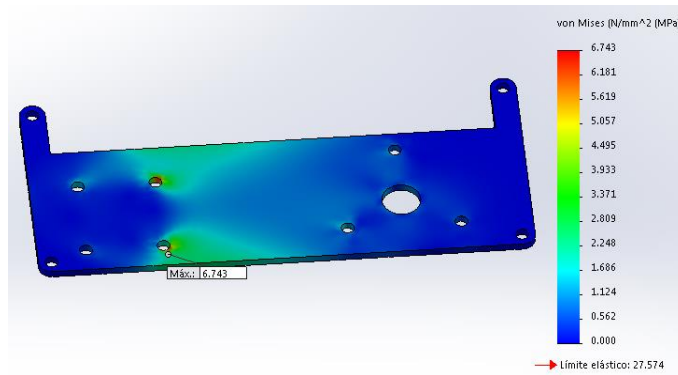
Especificación del actuador:

Se toma la elección de escoger un sistema de actuación eléctrica ya que éste aporta un bajo ruido de operación, poco espacio para su funcionamiento y mantenimiento, esenciales para requerimientos planteados, teniendo en cuenta ello se elige un motor eléctrico DC que tenga la posibilidad de suplir la generación de torque de la articulación del tobillo, este análisis lo tiene en cuenta el ingeniero mecánico con el cual se trabaja en el diseño del proyecto.



Technical data	
Part number	F 006 B20 410
mirror-image	F 006 B20 412
Nominal voltage	U_N 24 V
Nominal power	P_N 35 W
Nominal current	I_N 6,5 A
Maximum current	I_{max} 21,25 A
Nominal speed	n_N 55 min ⁻¹
Nominal torque	M_N 6 Nm
Breakaway torque	M_A 30 Nm
Reduction	i 1 : 88
Direction of rotation	R/L
Type of duty	S2
Degree of protection	IP30
Weight	approx. 0,98 kg
Clockwise	B on (+), A on (-)
Counterclockwise	A on (+), B on (-)
Connector Housing	
TE 180908 / Connector Terminal TE 160859-1	

Este sistema es quien soporta la actividad física del paciente, se encontrará ubicado bajo el riel U, sujeto a un deslizador que soportará la carga que se produce durante la terapia.

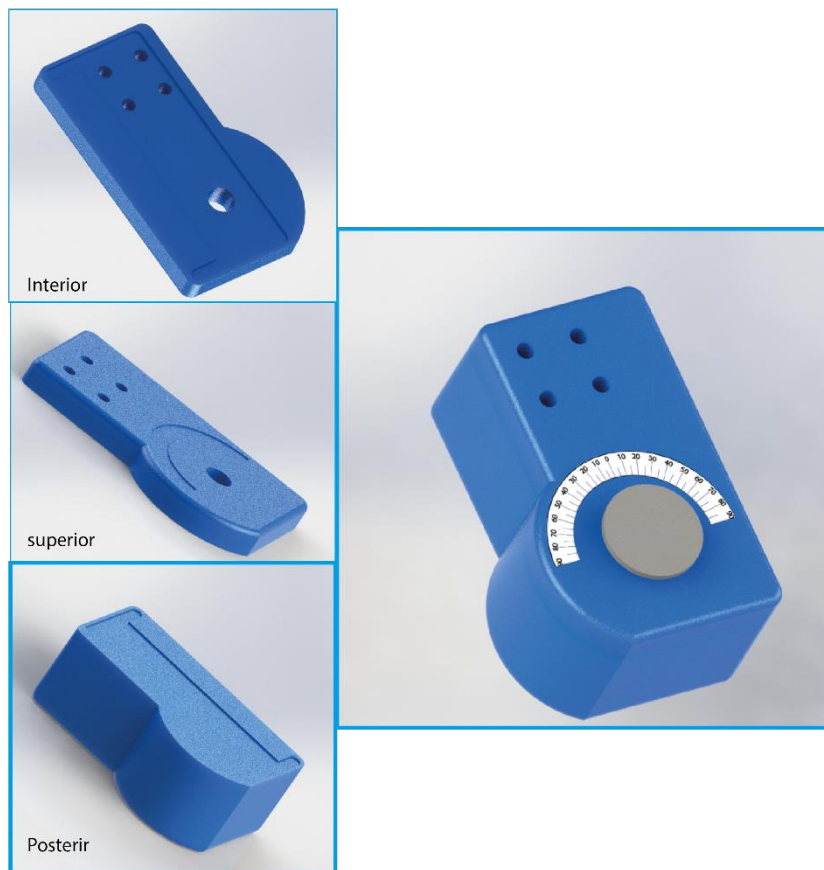


Fuente: Autor

Figura 24. Lámina de soporte motor.

El otro elemento a considerar es la estructura que sostiene el motor desde el elemento deslizante del riel en U, la lámina es de aluminio de 3 mm de espesor cuyo límite elástico es de 27.57 MPa, la configuración de cargas y sujeciones (figura 23) el torque considerado actuando desde los 3 agujeros que ajustan el motor es de 6 Nm.

Esta lámina se encuentra ubicada dentro de la carcasa que recubre el motor, cuenta con adaptaciones formales necesarias para la interacción con piezas electrónicas cavidades plásticas de material ABS, permitiendo en su interior el funcionamiento de los componentes electrónicos sin ser afectados, manteniendo la integridad de la UMPC y de la salud del paciente en rehabilitación, a continuación se mostrará la cavidad plástica anterior.



Fuente: Autor

Figura 25; *Carcasa de Ángulos de Movimiento.*

L soporte:

Esta pieza es la que trasmite la fuerza desde el motor al pie del paciente, como una lámina en forma de L de 3 mm de espesor y material de aleación de aluminio cuyo límite elástico es de 350 MPa, esta lámina es la que muestra la ampliación de movimiento según el protocolo del paciente, su función está determinada por la fuerza que ejerza el actuador durante la terapia. En la carcasa del actuador se

especificara los grados de movimiento que alcanza el paciente durante la terapia y estos se registraron en la base de datos.



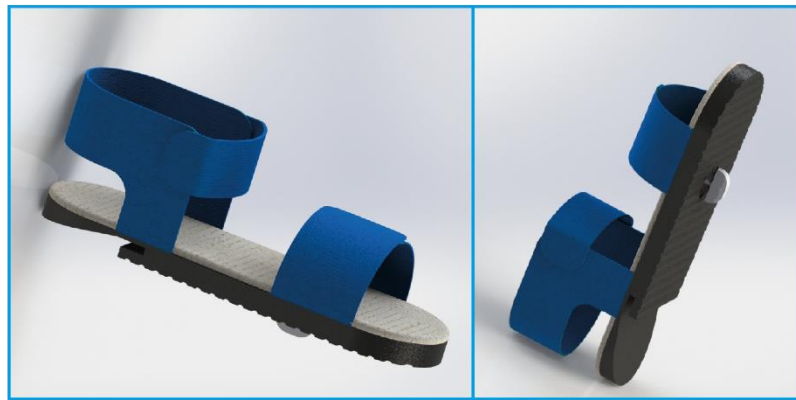
Fuente: Autor

Figura 26; *Base soporte L*

Complementos de piezas Adicionales:

- ***Sujetador de Pie:***

El zapato es una pieza indispensable para el desarrollo de la terapia, este se ajusta a la lámina para proporcionar mayor comodidad a la hora de practicar la terapia, este cuenta con una lámina interna que le da mayor estabilidad evitando que la pieza desenganche de la lámina zapato, la suela cuenta con un encaje tipo mariposa que permite ajustarse a la lámina con mayor seguridad.

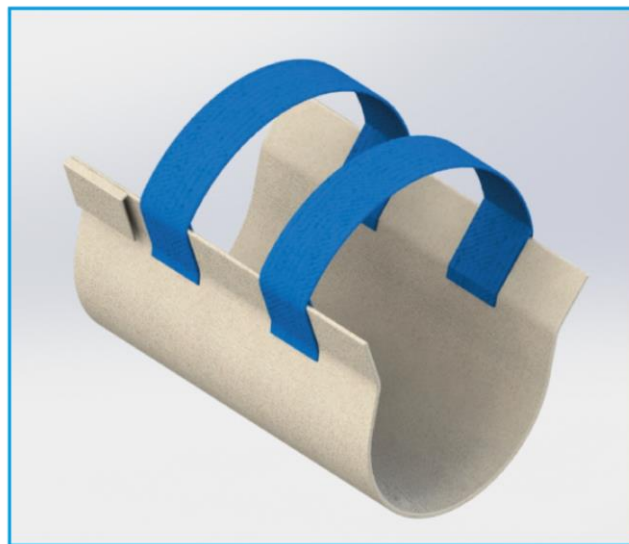


Fuente: Autor

Figura 27; *Base Zapato.*

- ***felpa de apoyo:***

La felpa es una pieza que no permite el contacto directo con la estructura además de brindar protección, esta encaja en la estructura base de pantorrilla de este modo hace a su vez a hace el papel de ortesis, como soporte.



Fuente: Autor

Figura 28; *Felpa de apoyo estructural.*

Controlador manual de terapia:

El control de terapia es el que permite la interacción con el sistema de rehabilitación, es este quien da las órdenes de mando, cuenta con un botón de encendido, dos botones en forma de triángulo que me permiten avanzar durante la interacción de la interfaz gráfica y de este modo dos botones que permiten modificar la intensidad de la terapia.

El controlador manual, permite al paciente o profesional de la salud; según el caso, controlar los rangos de angulación de flexión/extensión, inversión/eversión, velocidad y tiempo de trabajo.



Fuente: Autor

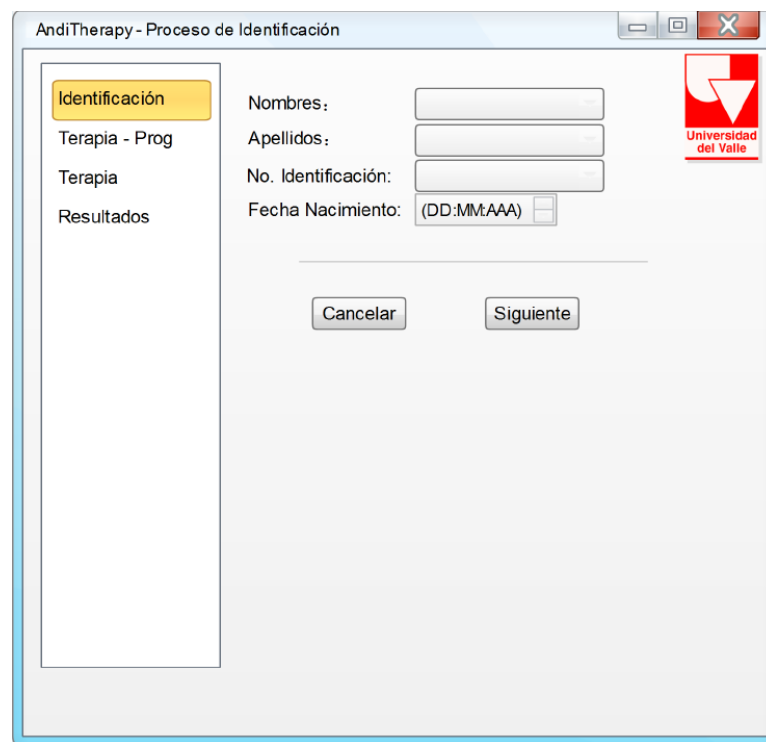
Figura 29; *Control de Mando.*

El control del mando se caracteriza por tener una pantalla de visualización necesaria para brindar información al auxiliar o el paciente, integrado con comunicación SPI para disminuir la cantidad de cables usados en el sistema. Además, el Mando Máquina

cuenta con un teclado de membrana con botones necesarios para ajustar las posiciones de movimiento de la terapia y un botón de parada de emergencia que parará la terapia de forma inmediata.

Diseño interfaz gráfica

Se desarrolla una interfaz gráfica la cual permite a la especialista configurar y monitorear el análisis de los procesos que se llevan a cabo durante el desarrollo de la terapia, compuesto por cuatro paneles, que se encargan de mostrar al especialista el proceso de programación de la terapia, la habilitación de campos para la configuración de la terapia ya sea velocidad, rango de movimiento entre otros, valores que se archivarán en la base de datos.

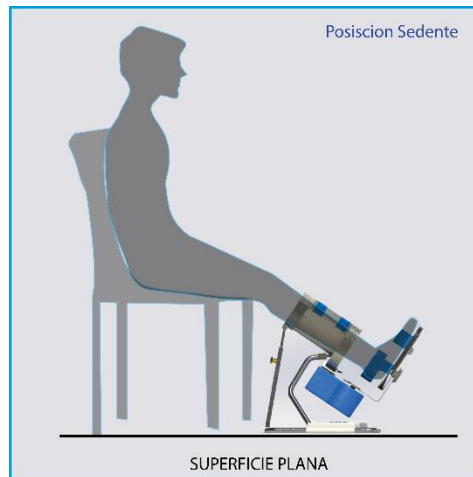


Fuente: Autor

Figura 30; *Interfaz gráfica de primer panel de interfaz.*

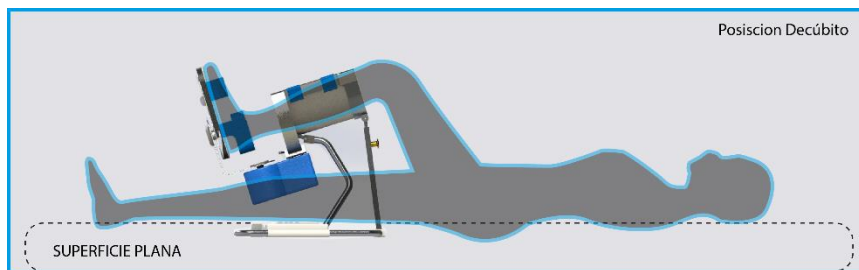
9.4 Secuencia de uso:

1. El paciente puede encontrarse acostado o sentado en una silla, una vez ubicado el paciente la máquina procederá a realizar el movimiento de la articulación.
2. El miembro inferior afectado debe ser ubicado sobre la unidad de movimiento, la estabilidad de la máquina sea pertinente para una terapia bien lograda.



Fuente: Autor

Figura 31; Posición sentado, secuencia de uso.



Fuente: Autor

Figura 32; Posición de Cúbito, secuencia de uso.

3. Una vez ubicados paciente y máquina se prosigue a encender y programar. De este modo la unidad de movimiento procederá a realizar el movimiento que haya sido requerido en el protocolo para la rehabilitación del paciente.

9.5 Materiales:

Para la construcción de piezas se utilizarán cuatro tipos de materiales los cuales son seleccionados acorde a la función de la pieza diseñada, estos se determinan según requerimientos de diseño expuestos en la categoría **ESTRUCTURAL** (*Manipulación, Mantenimiento, Construcción*); **CONFORT** (*Percepción*); **SEGURIDAD** (*Terapia*). (ver anexos 4).

Los materiales deben garantizar estabilidad formal con respecto a cambios de temperatura, desgaste, eventualidades; debe cumplir con requerimientos de portabilidad, fácil limpieza, comodidad y seguridad; En relación a piezas en contacto con la piel como la felpa y el zapato es necesario ofrecer materiales asépticos, suaves, y flexibles.

Los materiales utilizados en la producción:

1. **Aluminio:** El aluminio es un metal cuyos principales atributos son sus elevadas propiedades físico-mecánicas, baja toxicidad y liviandad. Utilizado en la base estructural, y conjunto de piezas que complementa la máquina; Para ello se utilizarán diámetros de (19mm) y 2 mm de espesor y 1 mm de espesor.
- **Base Deslizante:** Aluminio 1060.
 - **Base Pantorrilla:** Aluminio 1060.
 - **Deslizante Hueco:** Aluminio 1060.

- ***Deslizante Dentado***: Aluminio 1060.
- ***Ele***: Aluminio 2219.
- ***Estructura Motor***: Aluminio 1060.
- ***Lámina Zapato***: Aluminio 22019.

2. *Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).*

El ABS es un plástico (*termoplástico*) muy resistente al impacto, es un material que tiene variedad de aplicaciones electrónicas: carcasas, radios, ordenadores... juguetería, su rasgo más importante es su tenacidad, de buena estabilidad dimensional propiedades indispensables para piezas que se encuentran en contacto con todo tipo de superficies. Este material será utilizado para la fabricación de piezas pequeñas como empalme que une la estructura base, para la carcasa de motor, control de mando, carcasa donde se ubica el control de mando.

3. *Acero Inoxidable Recocido:*

El recocido es un tratamiento cuya finalidad es el ablandamiento, la recuperación de la estructura o eliminación de tensiones internas. Sus propiedades mecánicas son la resistencia a la corrosión. Es un material adecuado para aplicaciones estructurales y particularmente cuando se lleva a cabo operaciones de soldadura.

Aplicación en piezas como:

- Acople motor.
- Deslizador.

- Palanca Deslizador.
- Pivote riel.
- Pivote Deslizante.
- Riel.
- Botón.

4. Poliuretano:

Es un polímero que tiene como propiedades la flexibilidad, elasticidad, alto poder amortiguador, alta resistencia mecánica, resistente a las grasas sudor y fluidos corporales, su coeficiente de transmisión de calor es muy bajo, su duración debidamente protegida es indefinida, tiene una alta resistencia a la absorción de agua, es un material que dificulta el crecimiento de hongos y bacterias. Este material será utilizado para pieza sujetadora de pie, suela de zapato y protector superficial de superficie felpa.

9.6 Planos Técnicos.

(Ver anexos 6)

10 CONCLUSIONES

El desarrollo de campo que se alcanzó, permitió conocer más allá de las fallas y problemáticas por las que pasa un paciente frente a las barreras de accesibilidad de un sistema de salud como lo es el colombiano, resultados del trabajo de campo que permitió más allá de un logro formal como lo es el diseño de una máquina de rehabilitación, la exploración de áreas a las que un diseñador industrial puede enfrentarse.

La exploración de sistemas de rehabilitación para la recuperación de movimiento, llevo a la generación de matrices de análisis, que permitieron alcances de características significativas para el desarrollo de la propuesta, logrando un diseño satisfactorio, gracias a la integración de componentes mecánicos, electrónicos y de diseño.

La aplicación del estado de la técnica, el estado del arte y su análisis, permitieron alcances significativos para el desarrollo de la propuesta, que permitió generar requerimientos puntuales y determinantes para su desarrollo, al tenerse en cuenta la necesidad de recuperar los movimientos esenciales para las AVD y no solo los articulares como inicialmente se creía.

La revisión bibliográfica y el análisis de matrices permitieron llegar a soluciones muy claras frente a la restauración de los rangos de movimiento enfocados a alcanzar mejoras de bienestar y calidad de vida, como acto fundamental para el desarrollo de sus habilidades como individuo social.

11. BIBLIOGRAFÍA

BUSO, Gustavo; **VULNERABILIDAD SOCIAL: Nociones e Implicancias de políticas para Latino América a Inicios del siglo XXI**; Pág.8.

CENETEC Centro Nacional de Excelencia Tecnológica en Salud; **GUÍA DE EQUIPAMIENTO: Unidad de Rehabilitación UR**; V.02, Pág. 2.

CONSTITUCIÓN DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD; Documentos básicos, suplemento de la 45a edición, octubre de 2006.

FRANKEL, Víctor H.; NORDIN, Margarita; **BIOMECÁNICA BÁSICA DEL SISTEMA MUSCULOESQUELÉTICO: Biomecánica del pie y del tobillo**; Editorial McGraw-Hill Interamericana; (2004); pp. 229-262.

GES; **OBSERVATORIO DE LA SEGURIDAD SOCIAL, Evolución de la Seguridad Social en Salud en Colombia: avances, limitaciones y retos**. Grupo de Economía de la Salud, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de Antioquia; (2011)

KAPANDJI, I.A; **FISIOLOGÍA ARTICULAR, TOMO 2: MIEMBRO INFERIOR: CAPÍTULO III EL TOBILLO**; Editorial Toray-Masson, Barcelona, ESPAÑA (1970);

<http://es.slideshare.net/SuperMetroid/kapandji-a-i-fisiologia-articular-2-miembro-inferior-parte-3-de-4>

MIRALLES Marrero, Rodrigo C; **BIOMECÁNICA CLÍNICA DEL APARATO LOCOMOTOR: Pie**; Editorial Masson S.A; Barcelona 1999; pp. 265-278.

NUSSBAUM, Martha, AMARTYA Sen; **CALIDAD DE VIDA: CAPACIDAD Y BIENESTAR**; Editorial Fondo de Cultura Económica (1997); pp.54-55.

http://www.cenetec.salud.gob.mx/descargas/equipo_guias/Rehabilitacion.pdf

REVISTA BIP IBERMUTUAMOR; **TRIBUNA MEDICA: Programa de Ejercicios en la Rehabilitación de la Patología de Tobillo**; N°51; 4° Trimestre 2007, pp. 25-27.

REY Celmira, Esther; CARDOZO, Osvaldo Daniel; **VULNERABILIDAD EN SITUACIONES DE MOVILIDAD URBANA Algunos Criterios Válidos para su Estudio**; Instituto de Geografía – Facultad de Humanidades – Universidad Nacional del Nordeste (UNNE)

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD; **Calificación Internacional del Funcionamiento, de la Discapacidad y de la Salud**; Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Secretaría de estado de servicios sociales, familias y discapacidad. Instituto de mayores y servicios sociales, (2001), pp. 146-161.

SANTOS Y GANGES Luis y Juan Luis DE LAS RIVAS SANZ (2008), **CIUDADES CON ATRIBUTOS: CONECTIVIDAD, ACCESIBILIDAD Y MOVILIDAD**; pp. 20,23.

ANEXOS

Esta sección contiene la información que en el desarrollo del documento no fueron incluidos debido a la extensión de su formato, pero se hacen necesarios adicionar por el soporte de sustento que pueden lograr y ofrecer a quien necesite del documento, teniendo en cuenta que en su totalidad son tablas del desarrollo metodológico usadas para el análisis y definición de requisitos de diseño.

Anexos 1.

Matriz de decisión de Aspectos Técnicos.

En esta matriz se presenta la descripción de 6 máquinas seleccionadas como tema de investigación, para el proyecto; que identifican diferentes tipos de rehabilitación, elegidas en consideración a sus alcances de función, actualidad y carácter diferenciador.

Anexos 2.

Instrumentos de Investigación; Entrevista semi-estructurada.

Este anexo contiene el formato empleado para la definición de rehabilitación aplicado a paciente recuperado; paciente actual; Especialista.

Entrevista (Paciente actuales)

A. Modelo 1: Pacientes actuales

1. ¿Cuál es su profesión?
2. ¿Cuál es su edad?
3. ¿Cuál es su peso?
4. ¿Cuál es su estatura?
5. ¿Cuál es su lado dominante y en qué lado se presenta la lesión?
6. ¿Cuál fue la razón que lo motivo a la búsqueda de un especialista de la salud?
(fractura, dolor o restricción de movimiento).
7. ¿Es su primera lesión o ha sufrido lesiones recidivantes, cuantas?
8. ¿Lleva a cabo con juicio los deberes asignados por el profesional de la salud?
9. ¿Tiene en cuenta las precauciones, cuidados y ejercicios para el hogar dejados por el fisioterapeuta durante la realización de sus AVD?
10. Si no los cumple, ¿cuál es la razón para no hacerlo?

11. ¿Cómo siente que es la comunicación con los profesionales de la salud?
12. ¿Cuál es su percepción de los dispositivos empleados en los centros de rehabilitación?
13. ¿Siente que el ejercicio realizado con estos equipos es útil, es decir siente cambios positivos (mejorías)?
14. ¿Siente que los equipos empleados para su rehabilitación son cómodos o justos a su medida?
15. ¿Cuál es su percepción de los protocolos o procedimientos empleados en los centros de rehabilitación?
16. ¿Ha notado falta de fuerza, debilidad o poca resistencia en su tobillo?
17. ¿Ha visto limitado su normal desarrollo en AVD? (a nivel laboral)
18. ¿Cuál es el nivel máximo al que puede usar su tobillo sin dolor para sus actividades de la vida diaria?

B. Modelo 2: Pacientes recuperados

1. ¿Cuál es su profesión?
2. ¿Qué edad tenía cuando se lesionó?
3. ¿hace cuánto fue?
4. ¿Cuál es su peso?
5. ¿Cuál es su estatura?
6. ¿Cuál es su lado dominante y en qué lado se presentó la lesión?
7. ¿Cuál fue la razón que lo motivo a la búsqueda de un especialista de la salud?
(fractura, dolor o restricción de movimiento)
8. ¿Cómo sintió que fue la comunicación con los profesionales que lo atendieron?
9. ¿Cuáles y cómo fueron los protocolos implementados, coméntelos?
10. ¿Qué tan efectiva fue la rehabilitación?
11. ¿Sintió que fueron suficiente los protocolos aplicados?
12. ¿Ha sufrido lesiones recidivantes?
13. ¿Cuántas veces las ha sufrido?
14. ¿El Fisioterapeuta le recomendó, posterior a la rehabilitación, realizar ejercicios para fortalecimiento muscular o algún otro complemento para mantener

saludable la articulación lesionada y la articulación contraria? (estiramiento, gimnasio, natación, etc.)

15. ¿Ha visto o vio limitado su normal desarrollo en AVD?
16. ¿Cuál es el nivel máximo al que podía usar su tobillo sin dolor para sus actividades de la vida diaria?
17. ¿Ha notado o noto falta de fuerza, debilidad o poca resistencia en su tobillo?
18. ¿Cómo percibió el protocolo aplicado para la recuperación de hombro?
19. ¿Sintió que el ejercicio realizado con estos equipos fue útil, es decir sintió cambios positivos (mejorías)?
20. ¿Reconoció algún dispositivo diseñado para la rehabilitación o elementos calibrados?
21. ¿Fue efectiva la terapia?
22. ¿Realiza actualmente ejercicios para fortalecimiento muscular y prevenir próximas lesiones recidivantes? (estiramiento, gimnasio, natación, etc.)
23. ¿Sintió que los equipos empleados para su rehabilitación eran cómodos o justos a su medida?
24. ¿Sería bueno para usted, como paciente, conocer su progreso durante el tiempo de la recuperación?

C. Modelo 3: Profesionales

1. ¿Cuál es el porcentaje de pacientes remitidos provenientes de otra ciudad?
2. ¿Cuáles son las lesiones más comunes que deben ser atendidas y los respectivos protocolos?
3. ¿Realiza una evaluación general para determinar un programa de rehabilitación o basta con saber la zona afectada?
4. ¿Aplica siempre un protocolo o diseña un programa de rehabilitación según lesión vs edad, composición corporal, acondicionamiento físico, estado de salud, alineación corporal y estado mental?
5. ¿Hay un esquema u orden del progreso en la rehabilitación o depende de factores físicos individuales?
6. ¿Cuál es el orden de recuperación de movimientos y cumplimiento de metas de la terapia?
7. ¿Cuál es la frecuencia indicada para la rehabilitación?
8. ¿Sería bueno para usted, como profesional, conocer el progreso del paciente durante el tiempo de la recuperación?
9. ¿Qué tan bien cumplen los deberes asignados los pacientes?
10. ¿Cuáles son los canales de comunicación que se utilizan para brindar información acerca del procedimiento a los pacientes?
11. ¿Qué tan efectivos son dichos canales?

12. ¿Cuál es la actitud con la que llegan los pacientes a los centros de recuperación, como es esta cuando terminan las terapias?
13. Al asignar un deber, ¿está usted preocupado por que el paciente posiblemente no lo cumpla?
14. ¿Existe alguna forma de evaluar los deberes asignados?
15. ¿Cuáles son las principales razones que exponen los pacientes para no cumplir sus deberes?
16. ¿Recomienda a los pacientes, al finalizar la terapia, incluir en sus AVD ejercicios de fortalecimiento muscular para prevenir lesiones recidivantes y nuevas lesiones?
17. ¿Cuáles son las marcas de dispositivos de ayuda más comunes?
18. ¿Cuáles son los equipos que más utiliza para la rehabilitación de hombro?
¿Porque?
19. ¿Qué recomendación haría a los dispositivos/protocolos existentes para la rehabilitación de hombro?
20. ¿Qué opina acerca de la posibilidad de llevar el dispositivo a su casa y ser supervisado por el profesional a través de internet?

Preguntas finales (Para todos): tele-operación

1. ¿Qué recomendación haría a los dispositivos/protocolos existentes para la rehabilitación de hombro?
2. ¿Qué opina acerca de la posibilidad de llevar el dispositivo a su casa y ser supervisado por el profesional a través de internet?

Anexos 3

Estas tablas resumen las respuestas obtenidas durante la aplicación de los instrumentos de investigación planteados.

- *Tabla de Aspectos cualitativos de entrevista a pacientes actuales.*

<i>Pregunta 9</i>	<i>Pregunta 10</i>	<i>Pregunta 11</i>	<i>Pregunta 12</i>	<i>Pregunta 13</i>	<i>Pregunta 14</i>	<i>Pregunta 15</i>	<i>Pregunta 16</i>	<i>Pregunta 17</i>	<i>Pregunta 18</i>	<i>Pregunta 19</i>	<i>Pregunta 20</i>
SI	N.A	Buena	Elementos Básicos	Hasta ahora bien, sin embargo apenas estoy empezando o hacerlos no podría decirle con exactitud si hay mejoría.	Son balones así que son normales, el tiempo de llevar acabo terapia es muy extenso	Es la única forma de llevar a cabo un proceso de mejoría.	Poca resistencia porque no podía apoyar el pie, actualmente puede llevar acabo ejercicios de propiocepción	El dolor solo duro un día pero al día siguiente no podía hacer ninguna actividad como caminar, ducharse y otras actividades que sean de desplazamiento.	De 1-10 un 60%, en la medida que podía caminar pero no correr.	N.A	Sería bueno, porque sería una terapia todo en uno; una máquina de fortalecimiento sin ejercicios variados da seguridad de un proceso de evolución.

- **Tabla de Aspectos cualitativos de entrevista a paciente recuperados.**

	Pacientes	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8
Recuperados	1	Estudiante universitario	22 años	2 Meses	74Kg	171Cm	Lado dominante el Derecho la lesión fue en el izquierdo.	Dolor, restricción de movimiento e hinchazón alarmante.	Buena
	2		36años	5meses	70Kg	160Cm	Lado dominante el Derecho la lesión fue en el izquierdo.	Lesión de tobillo II Grado, sufrido durante un salto en el cual cayó sobre el pie.	Buena

Pregunta 9	Pregunta 10	Pregunta 11	Pregunta 12	Pregunta 13	Pregunta 14	Pregunta 15	Pregunta 16
Puesto de Salud de la empresa, inmovilización del miembro con cartón. Clínica a la que me remitieron, verificación de fractura con rayos x y posterior inmovilización con férula.	Algo demorado para el diagnóstico inicial.	Falto la facilitación de muletas para poder moverme por parte de la clínica.	No	N.A	Si	Se ha trabajado el fortalecimiento de la pierna afectada y de la otra, en mi concepto personal el trabajo ha sido pesado pero me beneficiara a futuro.	Se presenta molestia en las mañanas cuando hace frio.
Procedimiento diferente incapacitaron 7 días y lo iban a inmovilizar pero pido q no; la doctora si le solicitó que se tenía que quedar muy quieto y se pusiera una tobillera y si se iba a mover con muletas. A la cuarta semana seguía hinchado la terapeuta de la empresa le aconsejo ejercicio se propuso un teraban y hacer ejercicio de estiramiento por igual a las dos piernas. Revisa los rangos de cuanto había perdido	Por el tiempo era imposible asistir a terapia ya que todas eran por la mañana; no volví a terapia pero creo que son necesarias; nunca fue a terapia.	Realmente nunca fui a terapia y las pocas veces que fue eran ejercicio de fortalecimiento para trabajar en casa	Todavía no ha curado en su totalidad la primera, pero si me da miedo volver a recaer	N.A	Ejercicios de estiramiento y manejo de dolor con agua tibia; además de fortalecimiento todos para desarrollar en casa por el tiempo; nunca fue a control solo dos veces la última vez me mandaron a trabajar con el peso.	Como los he desarrollado por iniciativa creo que no es lo mismo si hubiera tenido acompañamiento del terapeuta sin embargo las que la fisio reviso me aconsejaba los siguientes y como llevarlos a cabo.	Si, dolor a caminar, bajar y subir escaleras en el trabajo.

Pregunta 17	Pregunta 18	Pregunta 19	Pregunta 20	Pregunta 21	Pregunta 22	Pregunta 23
Sí, sentía mucho dolor hasta para apoyar el pie y después de la rehabilitación a veces siento molestia para realizar actividad física.	Fue útil porque hubo mejoría	Sí reconocí elementos de rehabilitación pero no eran dispositivos que se pudieran calibrar.	Si, aunque después de 2 meses todavía siento dolor al realizar trabajos específicos.	Si, además de una protección adicional (Tobilleras) para cuando realizo actividad física.	Si eran cómodos aunque nunca usé un equipo que necesitara ajustar medidas.	si
Si, especialmente caminar y cuando estaba mucho tiempo sentado ponerse de pie cuando está en el trabajo, como subir escaleras y bajarlas; además de subir a la moto.	pues se logra mientras se están haciendo pero se logra por iniciativa propia en la casa	No, pero sí elementos de estiramiento que me aconsejaban para trabajar en casa.	Realmente el cambio lo he dado por iniciativa propia, al no asistir a terapia.	si	Todos se realizaron en casa y fueron implementos de estiramiento como vendas y teraban.	Claro que sí, creo que es necesario para saber cómo va el proceso.

- **Tabla de Aspectos cualitativos de entrevista profesional de la salud.**

	Profesional	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5
Profesionales	1, 2, 3	En su mayoría son de la ciudad	La lesión más común es la de esguince de tobillo grado I, II; Fractura y luxación. Protocolo de fortalecimiento de tobillo: Ejercicios Isotónicos, cadena cinética cerrada. Trabajamos mucho con el teraband, trabajamos propiocepción, coordinación. Se trabaja el fortalecimiento de los músculos que protegen el ligamento. Si es una lesión aguda se trabaja lo que es la modulación del dolor con medios y si tiene edema se baja la inflamación para poder empezar con ejercicios de fortalecimiento.	Se tiene que hacer una valoración por un deportólogo y él da el diagnóstico, para luego nosotros realizar el programa de rehabilitación.	Es necesario una valoración para determinar rangos de movilidad y grado de lesión depende de cada paciente.	Dependen de factores físicos e individuales
	4	Hay de diferentes partes, son comunidades aledañas a Cali, son por ahí un 30% del total de personas que vienen aquí.	Muscular tendinosa a nivel de esguince.	Ellos cuando llegan lo que se hace una valoración fisioterapéutica, luego con eso se fija unos objetivos a nivel terapéutico, el objetivo principal es recuperar la movilidad articular.	valoración fisioterapéutica,	No hay un test específico, uno ve el progreso del paciente a medida que se realiza la terapia.

Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10
Se empieza con ejercicios isométricos (no requiere desplazamiento en la articulación), luego ejercicios isotónicos luego isotónicos concéntricos y excéntricos	Depende qué tan grave y cómo haya evolucionado el paciente. “entre más rápido se empiece a ganar los rangos de movimiento, más rápida es la recuperación”	si	Los pacientes cumplen con el proceso: los pacientes particulares faltan mucho, pero ahora que estoy con pacientes deportistas ellos si cumplen más, porque ellos necesitan una pronta recuperación para empezar su práctica deportiva. Los pacientes particulares cumplen con las primeras terapias, pero no cumplen con terapias que se mandan después de una nueva valoración. Aquí se maneja que si tienes 3 faltas injustificables a terapias te cancelan el proceso de rehabilitación.	La comunicación se da en el momento que ellos acuden por primera vez a la valoración.
Factores individuales	Inicialmente plantar flexión y dorsiflexión	si	Muy poco	Valoración inicial y a medida que va evolucionando

Pregunta 11	Pregunta 12	Pregunta 13	Pregunta 14	Pregunta 15
Normales	Los pacientes particulares cumplen con las primeras terapias, pero no cumplen con terapias que se mandan después de una nueva valoración. Aquí se maneja que si tienes 3 faltas injustificables a terapias te cancelan el proceso de rehabilitación.	Claro porque depende de ello su recuperación y el avance.	Con los alcances de rangos y ángulos de movimiento además de los ejercicios y alcance de dolor.	La mayoría de pacientes aquí son estudiantes, entonces lo más común es que no puedan venir porque tengan clases o parciales (actividades académicas).
Normales	Con intención de recurrar pero al finalizar muchos desertan, creen ya estar recuperados o por lo menos en su totalidad para desarrollar actividades de la vida diaria	Si, Muchos no lo cumplen	Cuando vuelven a las terapias se da uno cuenta que no ha hecho ejercicios caseros porque los alcances de movilidad disminuyen	El no tener la herramienta adecuada para desarrollarlos

<i>Pregunta 16</i>	<i>Pregunta 17</i>	<i>Pregunta 18</i>	<i>Pregunta 19</i>	<i>Pregunta 20</i>
Si, se les aconseja hacer ejercicio de estiramiento con material que puedan tener en la casa guiados con los que se desarrollan durante la terapia.	De máquinas en sí no, se utiliza teraband, y pelotas para la propiocepción.	Teraband y pelotas propioceptivas.	que la máquina tenga forma de manejar sus resistencias por tiempo (etapa de fortalecimiento) "Sería muy beneficioso tener una máquina de sólo tobillo porque se puede tener más tiempo para atender otros pacientes"	Buena
si, ejercicio de estiramiento y fortalecimiento	Elemento prácticos	Teraband y pelotas propioceptivas.	Me parece bien que maneje todos los rangos de movilidad y que de pronto me posibilite recuperar más rápido la lesión. Uno son ganar los rangos de movilidad, de pronto una máquina de fuerza muscular así como la de los gimnasios y que de una u otra forma se pueda graduar la resistencia.	Buena

Anexos 4

Requerimientos de Diseño

Este formato presenta los **requisitos de diseño** planteados para el desarrollo del proyecto clasificado en categorías y subcategorías para entender con mayor claridad la aplicación de ellos, además de una tabla de eventualidad que permite tener claridad a lo que hace referencia a **factores internos y factores externos**.

	CATEGORIAS	Requerimiento	Descripción	Propuestas conceptuales	Usuario	REQUERIMIENTO
FUNCIONAL	MOVIMIENTO	Trabajar los 4 movimientos principales de la articulación del tobillo.	El sistema debe permitir rehabilitar los principales movimientos []	Cadenas cinemáticas con 2 GDL	Paciente Especialista	Trabajar los 4 movimientos principales de la articulación del tobillo.
		Trabajar dentro del rango de ángulos para las AVD	La máquina debe funcionar por lo menos con los rangos de movilidad de las AVD []	Actuadores que giren al menos 180°	Paciente	Trabajar dentro del rango de ángulos para las AVD
		Rangos de velocidad regulables; MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD DEFINIDA POR EL PROTOCOLO	El sistema deberá realizar los ejercicios a una velocidad de 50 a 150°/min Rango de velocidad tomado de []	Programación y sistemas de transmisión de potencia	Paciente Especialista	MOVER EN RANGOS DE VELOCIDAD de 50 a 150°/min
		Desarrollar movimientos de terapia activa y pasiva	La máquina debe generar el movimiento y también dejarse mover por el paciente para cumplir las dos terapias: activa y pasiva.	Actuadores y resistencias de movimiento para reproducir terapia por medio de motor DC	Paciente Especialista	Desarrollar movimientos de terapia activa y pasiva

		Evitar sobresaltos dentro del movimiento	Garantizar un movimiento continuo aplicando un sistema de control retroalimentado	Sistema de control	Paciente	Contar con un sistema de control para obtener un tiempo de respuesta mínimo
		Iniciar y finalizar movimiento en una posición segura.	Iniciar y finalizar el movimiento en una posición segura, evaluada del paciente.	Censar el rango de movilidad del paciente.	Paciente Auxiliar	Iniciar y finalizar en posición neutra (0°) justo entre dorsiflexión y plantar flexión.
	POSICIÓN TERAPIA	Aplicar protocolo para posición sedente y cúbito	El ejercicio terapéutico deberá aplicarse permitiendo la mejor aplicación del protocolo.	Estructura que se adapte a la posición sedente.	Paciente	Aplicar protocolo para posición sedente y cúbito
	EVALUACIÓN PACIENTE	Medir la evolución del paciente durante el proceso	Censar variables que permitan llevar un control de la terapia como la velocidad, posición, fuerza y repeticiones.	Sensores de posición (ángulos), velocidad y fuerza.	Paciente Auxiliar Especialista	Medir evolución del paciente durante las terapias
		Registrar la evolución del paciente.	Hacer un registro cronológico de la evolución del paciente con variables de velocidad, posición, fuerza y repeticiones.		Auxiliar Especialista	Registrar la evolución del paciente.
		Almacenar	Guardar el registro cronológico de la evolución del paciente; además el sistema deberá presentar una arquitectura que permita realizar adaptaciones para que en futuros desarrollos sea compatible con Protocolos de comunicación DICOM/HL7	Conexión a través de un puerto USB, comunicación inalámbrica		Almacenar evolución del paciente.

	INTERFAZ DE USUARIO	Interfaz de hardware	El sistema debe tener la capacidad de ser operada por una persona.	Botones	Auxiliar	Interfaz de hardware
		Interfaz de software	El sistema debe ofrecer comunicar al usuario el proceso de ejecución.	Interfaz gráfica	Auxiliar	Interfaz de software

ESTRUCTURAL	MANIPULACIÓN	Portabilidad	Portabilidad	Las dimensiones y materiales del sistema deben garantizar la portabilidad.	Peso < 10 [Kg]. Dimensiones de almacenamiento [m] ... Por definir	Auxiliar	Portable
		Uso	Dimensiones antropométricas variables	La máquina debe tener la capacidad de ajustarse para las características antropométricas de los pacientes sin afectar la cinemática del sistema	Sistemas modulares, ajustes discretos o continuos.	Paciente	Contar con dimensiones antropométricas variables
	MANTENIMIENTO		Fácil limpieza	Las piezas deben ser reutilizables	Materiales de fácil limpieza.	auxiliar	
	CONSTRUCCIÓN		Componentes estándares	El sistema debe contar con piezas de especificaciones técnicas estándares para facilitar su construcción	Componentes estándares	Auxiliar	Contar con materiales de construcción estándar

CONFORT	PRECEPCIÓN	Formal/ Estético	Generar seguridad	la máquina debe generar seguridad, motivación	La máquina debe contar con unos elementos del lenguaje visual formal, colores, textura, tamaño.	Paciente	Brindar condiciones de seguridad
			provocar sensación de comodidad	Motivación		paciente	Ofrecer condiciones de confort
		Funcional/ Estético	sensación agradable	confort		paciente	
			que se sienta cómoda	confort		paciente	
			fácil uso	La máquina debe permitir la mejor en relación paciente/máquina en estructura y modo de uso		paciente	Permitir fácil uso
			no invasiva	Los apoyos de la máquina deben ajustarse a las dimensiones ergonómicas y de confort ()		paciente	Ajustarse a dimensiones ergonómicas

SEGURIDAD	TERAPIA	COMPONENTES	seguridad térmica	Los componentes deben estar aislados al contacto con el paciente (temperatura ambiente)	garantizar la resistencia térmica para que el calor de los componentes no lleguen al paciente	Paciente	Ofrecer seguridad térmica, eléctrica y mecánica.
			seguridad eléctrica	Los componentes deben estar aislados al contacto con el paciente	Garantizar aislamiento eléctrico en cada uno de los componentes conductores	Paciente	
			seguridad componentes mecánicos	Los componentes deben estar aislados al contacto con el paciente	Garantizar guardas en cada uno de los componentes mecánicos	Paciente	

			que no de alergia	Los materiales en contacto con el paciente deben ser antialérgicos	Materiales antialérgicos	Paciente	Prevenir condiciones alérgicas
		SISTEMA	Parada de emergencia	La máquina debe contar con un sistema de corte del fluido eléctrico para cualquier eventualidad.	Interruptor	Paciente Auxiliar	Interrumpir terapia en caso de no ser segura para el paciente.
			Chequeo de los componentes antes de arranque	La máquina debe ser capaz de comprobar sus elementos antes de una terapia	Programación del sistema	Paciente Auxiliar	Verificar componente mecánico.
			Seguridad dentro del rango de movimiento	La máquina debe funcionar dentro del rango seteado por el especialista	Topes mecánicos y Programación del sistema	Paciente	Operar dentro de los rangos seteados por especialista.

Cuadro de Eventualidades.

Las eventualidades son acciones que se presentarían durante el desarrollo de la actividad de rehabilitación ya sea por parte de la máquina o el paciente, a lo que se llamó factores internos y externos y se especifican cuáles de ellas podrían presentarse.

EVENTUALIDADES		
<i>Factores</i>		<i>Descripción</i>
<i>Factores Internos</i>	<i>Molestia por parte del paciente</i>	El paciente manifiesta inconformidad con el procedimiento o máquina, incluyendo factores psicológicos y físicos.
	<i>Electricidad</i>	Fluctuaciones en el flujo eléctrico que pueden repercutir en el funcionamiento de los componentes electrónicos.
	<i>Conexión</i>	La conexión con el computador no existe o no es constante.
	<i>Atascamiento</i>	El mecanismo detecta un pico de fuerza en su funcionamiento normal que disminuye súbitamente la velocidad.
<i>Factores Externos</i>	<i>Fallo elementos mecánicos</i>	El comportamiento de la máquina en funcionamiento cambia repentinamente.
	<i>Fallo elementos electrónicos</i>	La señal de los sensores, actuadores y demás componentes electrónicos quedan en silencio (no se detectan voltajes).

Anexos 5

Este anexo contiene las acciones que el sistema de rehabilitación propone cumplir, cada mapa inicia desde la simplicidad de la ejecución, Estos mapa describe desde nuestra perspectiva cada una de las posibles acciones a las que se puede estar sometido el sistema, teniendo en cuenta sus actores y posibles eventualidades dentro de un proceso de rehabilitación.

Diagrama de acciones de la Máquina.

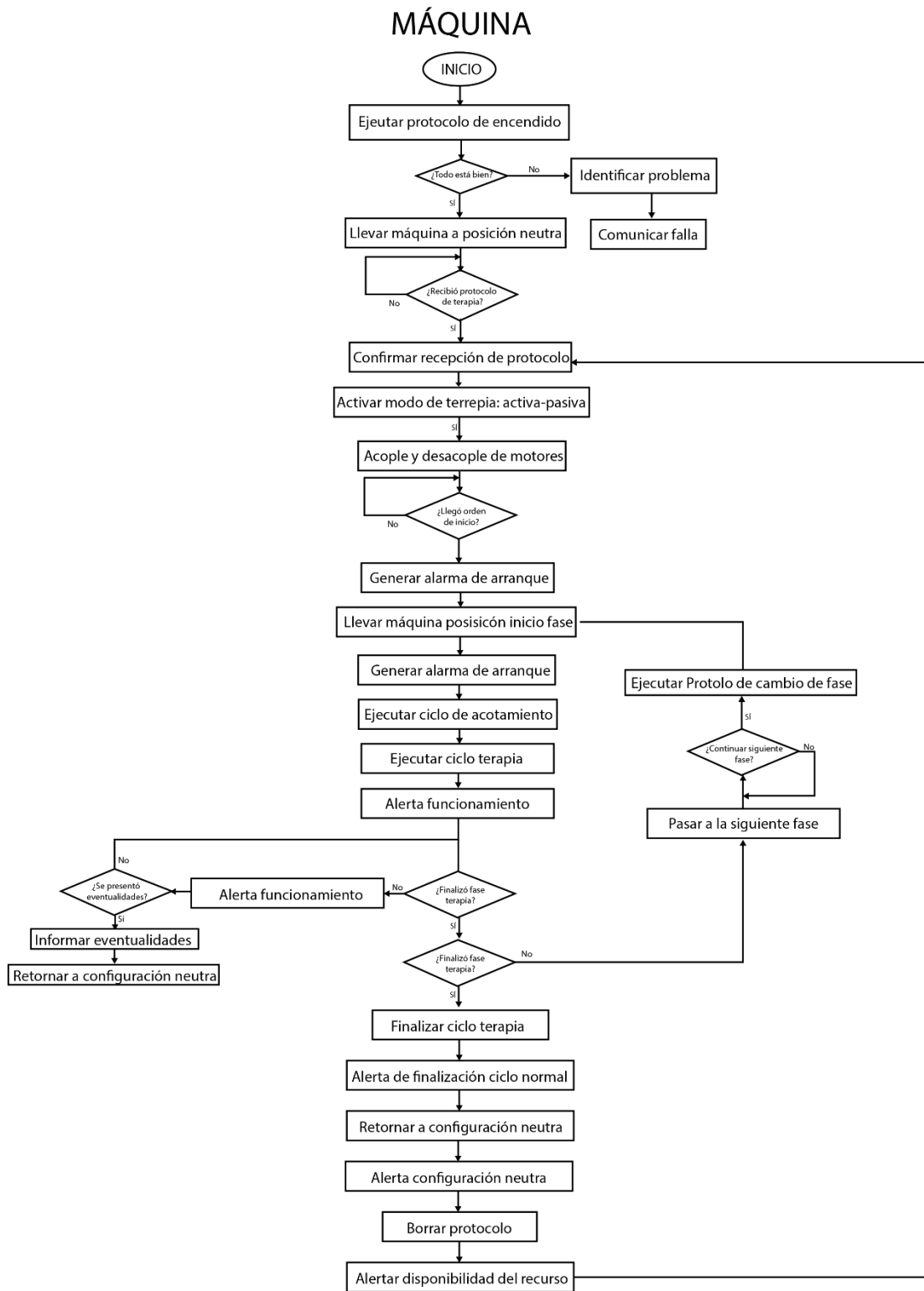


Diagrama de acciones del Auxiliar.

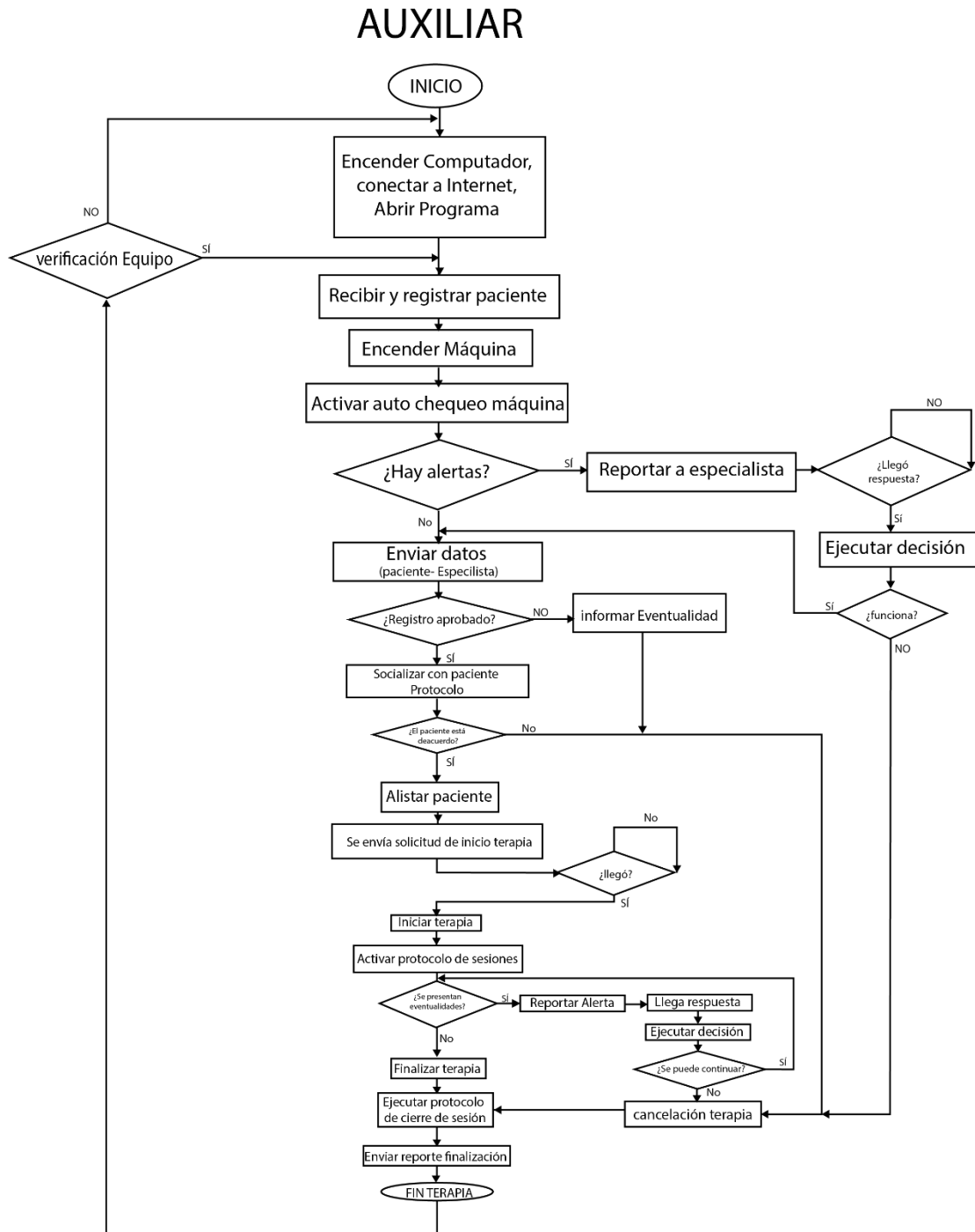
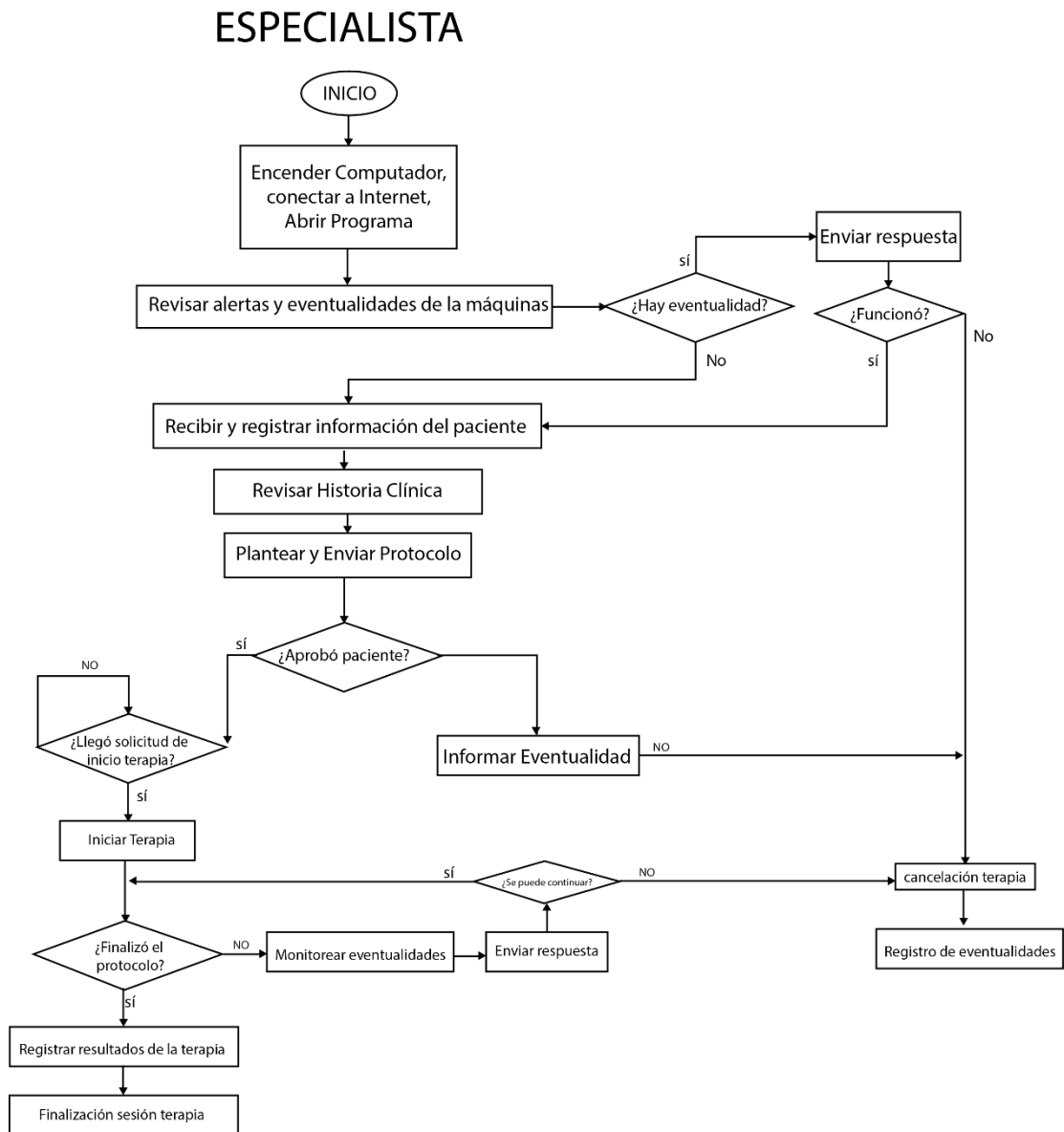


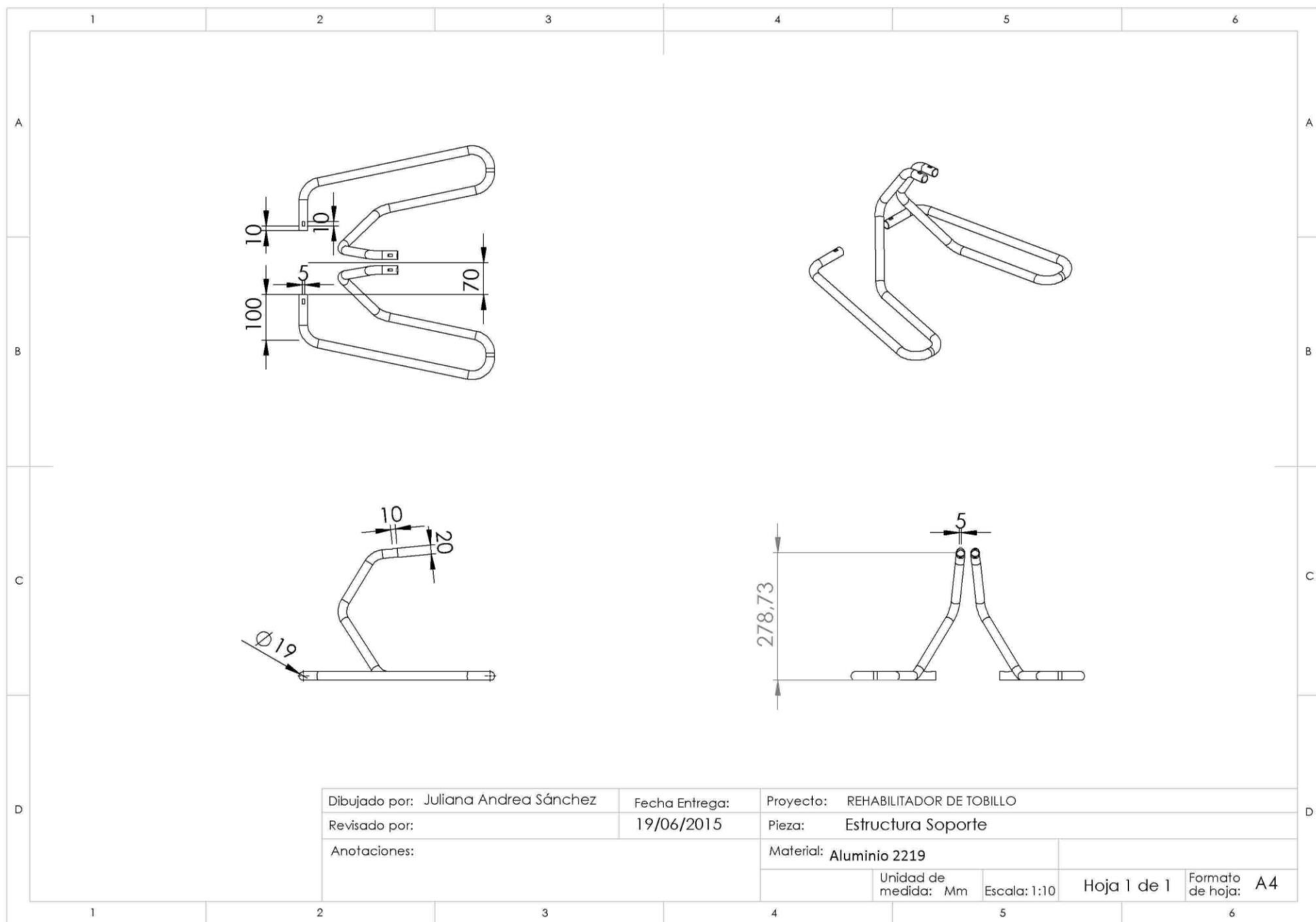
Diagrama de Acciones del Especialista.



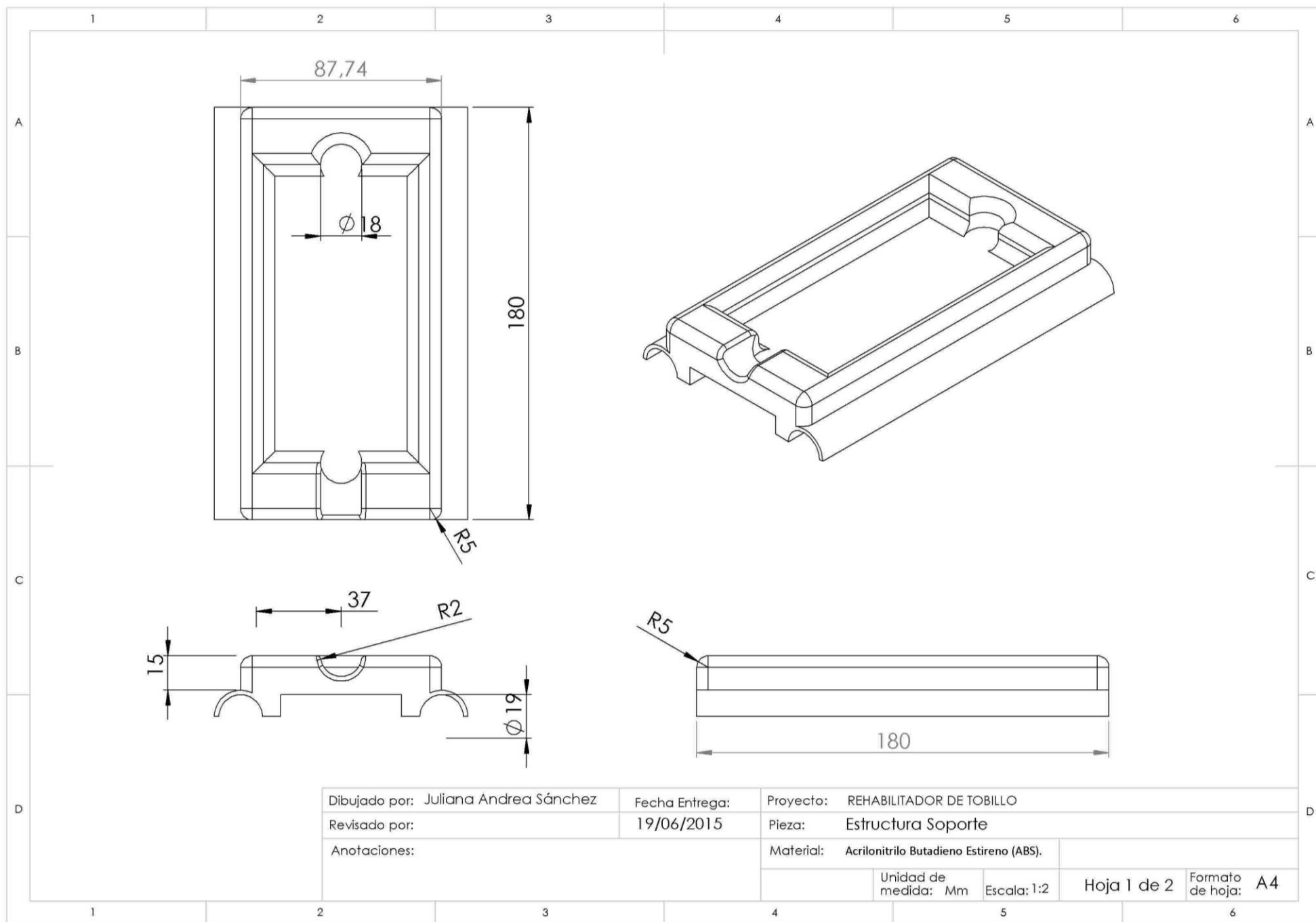
Anexos 6

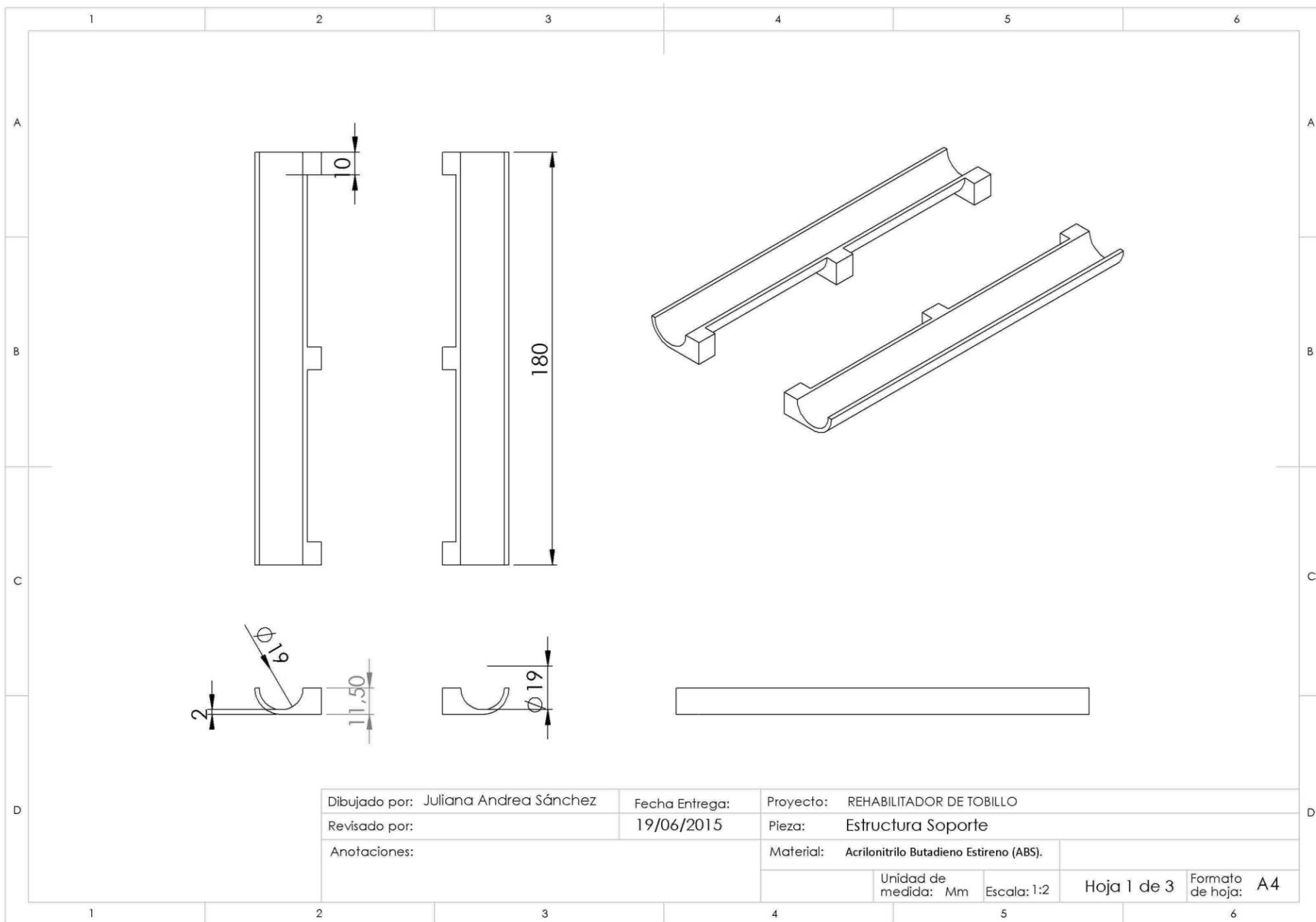
Planos Técnicos.

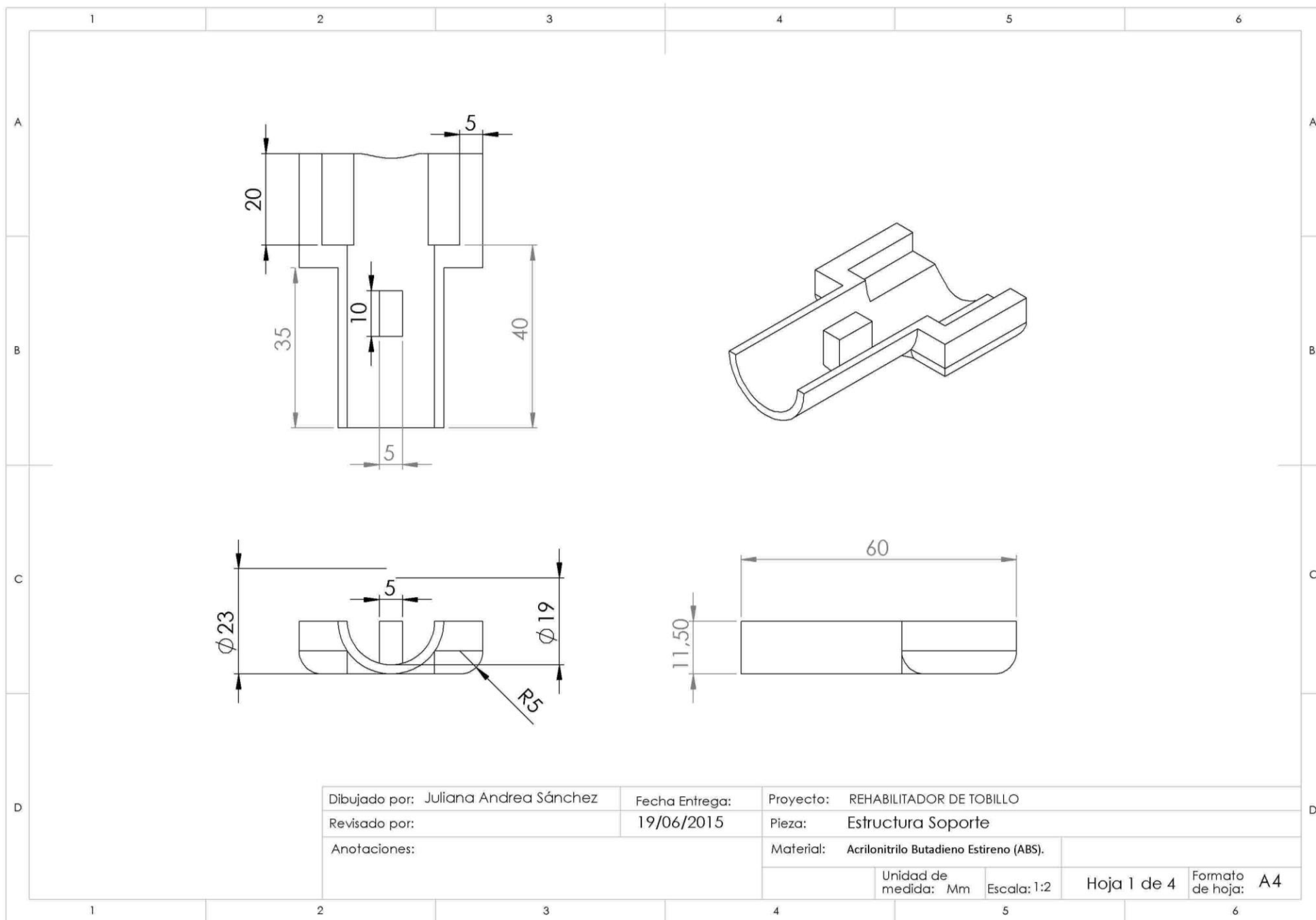
Representación individual de cada uno de los elementos que componen “El diseño de unidad de movimiento para la rehabilitación de tobillo”

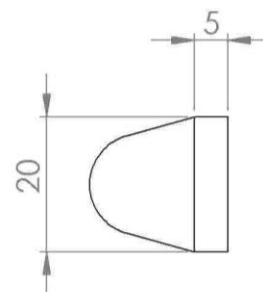
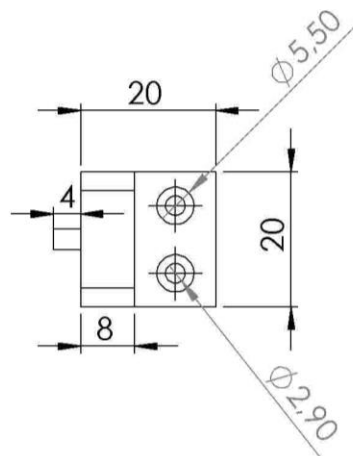
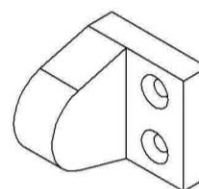
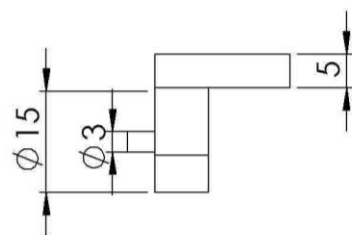


Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO			
Revisado por:		Pieza: Estructura Soporte			
Anotaciones:		Material: Aluminio 2219			
		Unidad de medida: Mm	Escala: 1:10	Hoja 1 de 1	Formato de hoja: A4

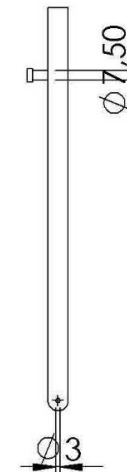
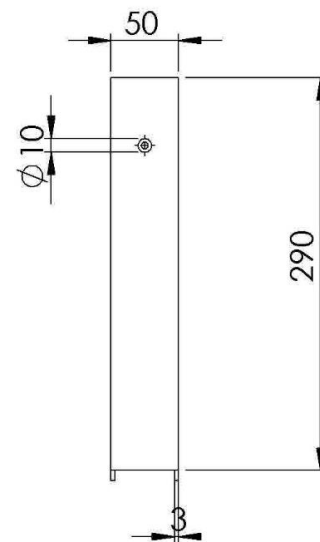
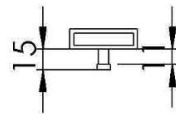




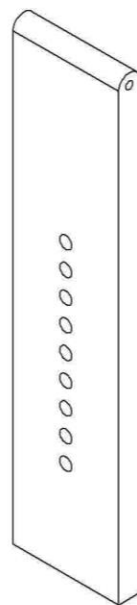
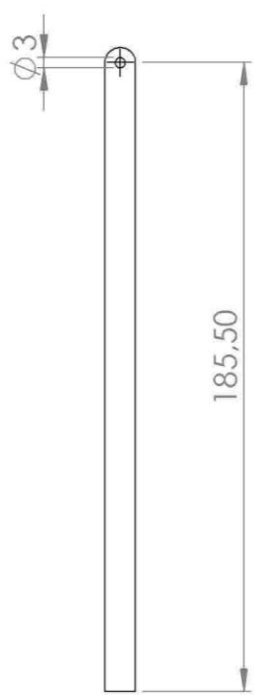
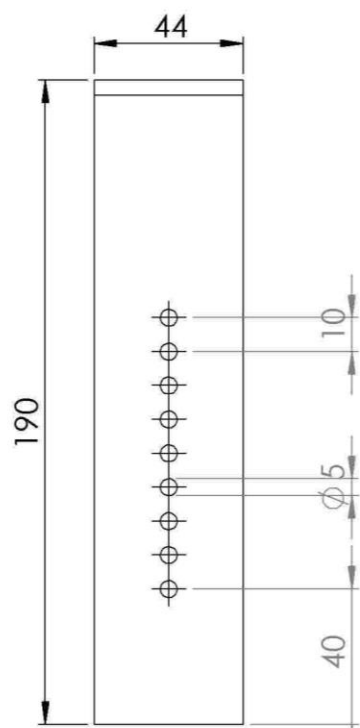
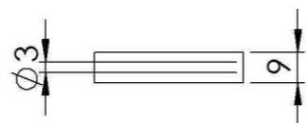




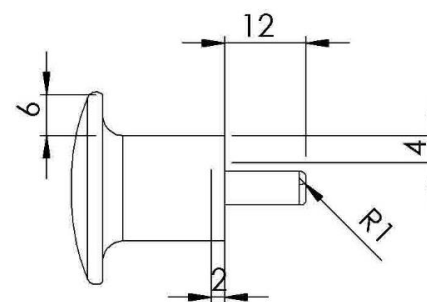
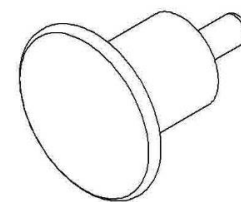
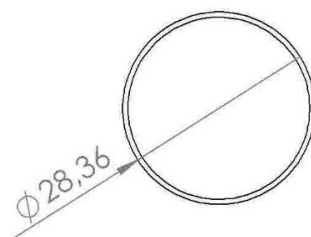
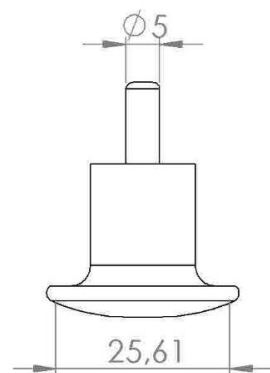
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO
Revisado por:		Pieza: Pivote Deslizantede Soporte Estructura
Anotaciones:		Material: Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).
	Unidad de medida: Mm	Escala: 1:1
	Hoja 1 de 5	Formato de hoja: A4



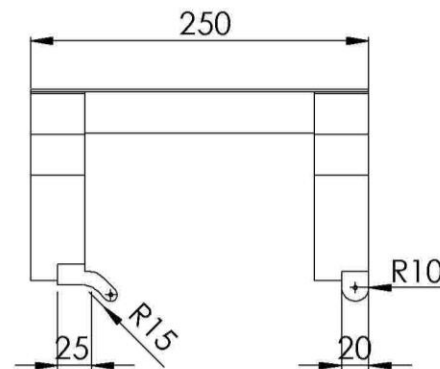
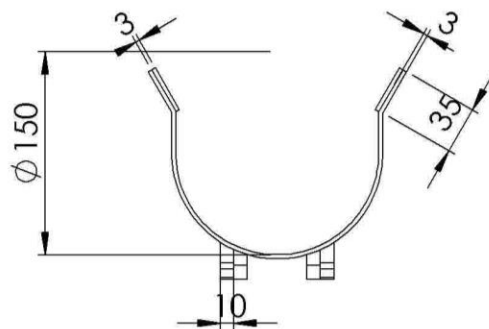
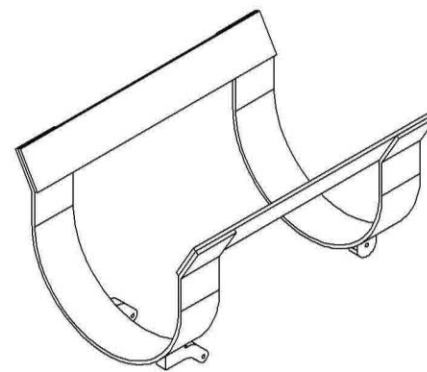
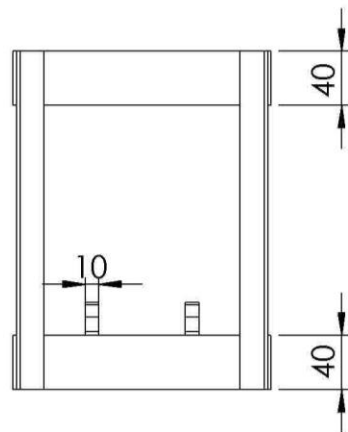
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO
Revisado por:		Pieza: Pivote Deslizante de Soporte Estructura
Anotaciones:		Material: Aluminio 1060.
	Unidad de medida: Mm	Escala: 1:1
	Hoja 1 de 6	Formato de hoja: A4



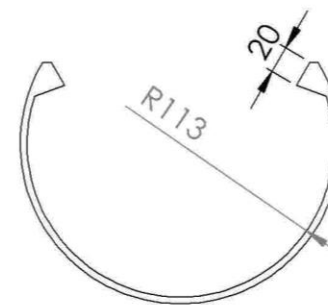
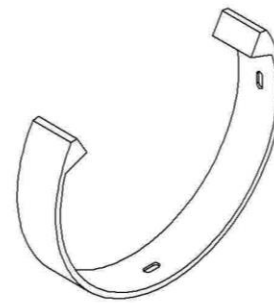
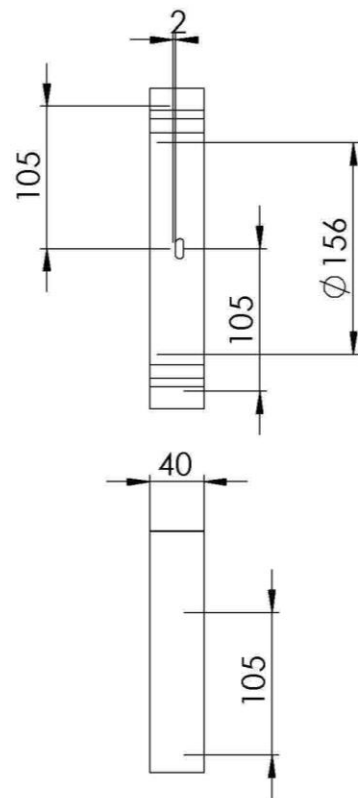
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez		Fecha Entrega: 19/06/2015		Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO	
Revisado por:				Pieza: Deslizante Dentado	
Anotaciones:		Material: Aluminio 1060.			Hoja 1 de 7
		Unidad de medida: Mm	Escala: 1:1	Formato de hoja: A4	



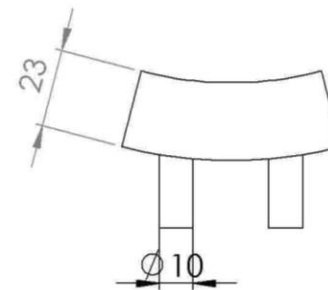
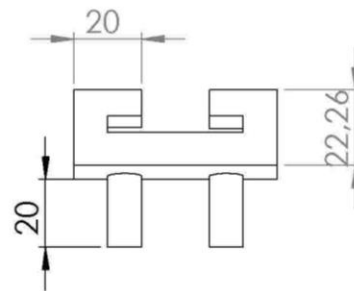
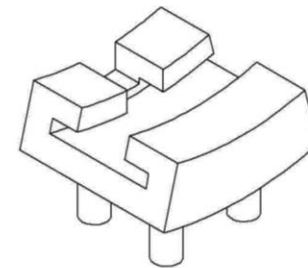
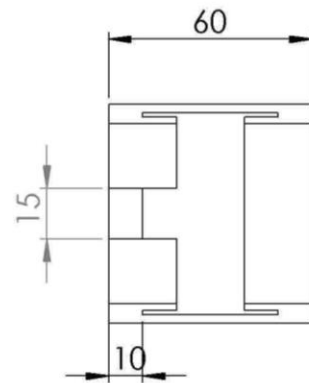
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO
Revisado por:		Pieza: Boton
Anotaciones:		Material: Acero Inoxidable Recocido
	Unidad de medida: Mm	Escala: 1:1
	Hoja 1 de 8	Formato de hoja: A4



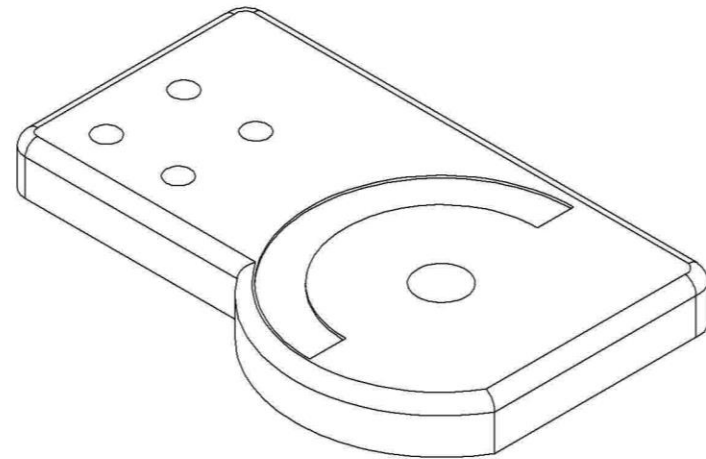
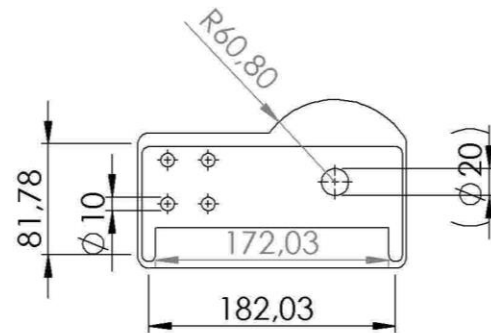
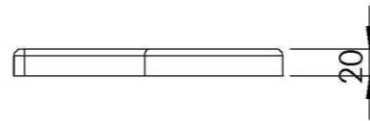
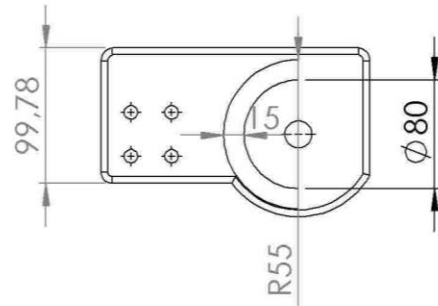
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO		
Revisado por:		Pieza: Base Pantorrilla		
Anotaciones:		Material: Acero Inoxidable Recocido		
		Unidad de medida: Mm	Escala: 1:5	Hoja 1 de 9
				Formato de hoja: A4



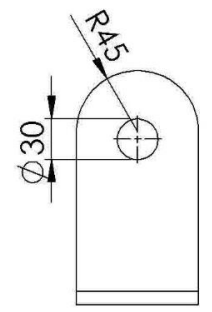
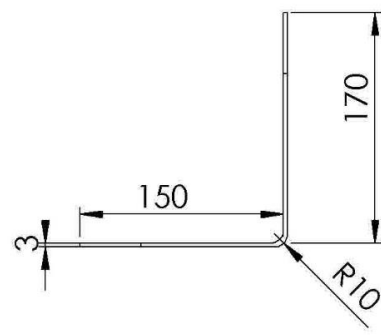
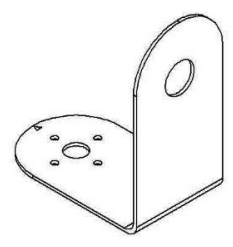
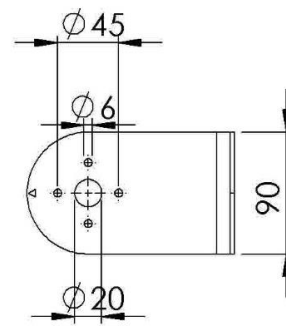
Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO		
Revisado por:		Pieza: Riel U		
Anotaciones:		Material: Acero Inoxidable Recocido		
		Unidad de medida: Mm	Escala: 1:5	Hoja 1 de 10
			Formato de hoja:	A4



Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO
Revisado por:		Pieza: Deslizador Riel u
Anotaciones:		Material: Acero Inoxidable Recocido
	Unidad de medida: Mm	Escala: 1:5
	Hoja 1 de 11	Formato de hoja: A4



Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez	Fecha Entrega: 19/06/2015	Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO
Revisado por:		Pieza: Caracasa Superior Motor
Anotaciones:		Material: Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS).
	Unidad de medida: Mm	Escala: 1:5
	Hoja 1 de 12	Formato de hoja: A4



Dibujado por: Juliana Andrea Sánchez		Fecha Entrega: 19/06/2015		Proyecto: REHABILITADOR DE TOBILLO						
Revisado por:		19/06/2015		Pieza: Lámina L						
Anotaciones:				Material: Aluminio 2219						
Unidad de medida: Mm				Escala: 1:5		Hoja 1 de 13		Formato de hoja: A4		